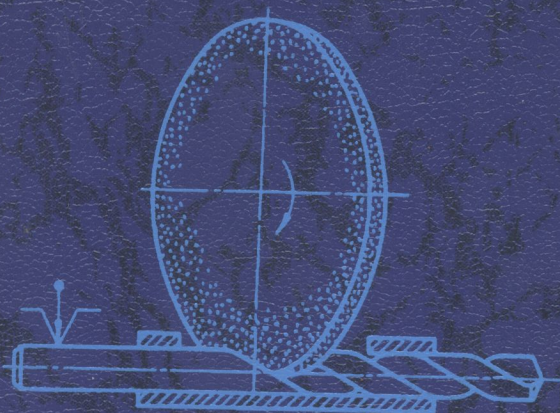


Н. С. РАВСЬКА
П. П. МЕЛЬНИЧУК
А. Г. КАСЬЯНОВ
Р. П. РОДІН

ТЕХНОЛОГІЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА



621.9(075)
Т 38 110

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Н.С. Равська, П.П. Мельничук,
А.Г. Касьянов, Р.П. Родін

ТЕХНОЛОГІЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Рекомендовано Міністерством
освіти і науки України
як підручник для студентів
спеціальностей: 7.090202
"Технологія машинобудування",
7.090203 "Металорізальні
верстати та системи",
7.090204 "Інструментальне
виробництво"*



2001

УДК 621.19:41
P12

Рецензенти: **А.П. ГАВРИШ**, доктор технічних наук, професор
кафедри "Технологія машинобудування"
Національного технічного університету України "КПІ",
заслужений діяч науки і техніки;

Г.Г. КАРЮК, доктор технічних наук, професор,
академік Академії інженерних наук

Равська Н.С., Мельничук П.П., Касьянов А.Г., Родін Р.П.

P12 Технологія інструментального виробництва: Підручник для студентів спеціальностей: 7.090202 "Технологія машинобудування", 7.090203 "Металорізальні верстати та системи", 7.090204 "Інструментальне виробництво". – Житомир: ЖТІ, 2001. – 555 с.
ISBN 966-7570-93-2

В книзі викладені питання технології інструментального виробництва, подані необхідні відомості про інструментальні матеріали, їх марки, асортимент, детально розглянуті процеси одержання заготовок інструмента, в тому числі процеси склеювання окремих частин інструмента, які отримали розповсюдження в інструментальному виробництві в останні роки.

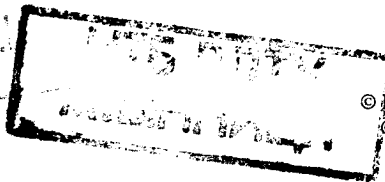
Описані операції обробки базових поверхонь, процеси виготовлення вихідного тіла інструмента. Подані необхідні відомості з утворення зубців, обробки інструментів з багатогранинними непереточуваними пластинами, які отримали широке розповсюдження в промисловості. Описані питання термообробки, спеціальні види обробки, якість різальних інструментів. Велика увага приділяється в книзі операціям заточування різального інструмента і шліфувальним операціям, які завершують технологічний процес виготовлення інструмента і визначають, в кінцевому результаті, якість виготовлення інструмента. Розглянуті особливості автоматизації інструментального виробництва та виготовлення технологічної оснастки.

Описані технологічні процеси виготовлення найбільш розповсюджених інструментів: різців, фрез, свердел, протяжок, мітчиків, зуборізальних інструментів.

Книга призначена як підручник для студентів механічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Іл.: 209. – Табл.: 117. – Бібл.: 37 назв.

410655



УДК 621.19:41

© Н.С. Равська, 2001
© П.П. Мельничук, 2001
© А.Г. Касьянов, 2001
© Р.П. Родін, 2001

ISBN 966-7570-93-2

Передмова

Важливу роль в підвищенні ефективності машинобудівного виробництва відіграє металорізальний інструмент. Підвищення якості різального інструмента, стабільність його різальних властивостей мають велике значення для високопродуктивного металооброблюваного обладнання: верстатів-автоматів і автоматичних ліній, верстатів з числовим програмним керуванням, гнучких виробничих систем. На стійкість, точність та надійність різального інструмента значною мірою впливає технологія його виробництва. Неякісне виготовлення інструмента призводить до зниження його довговічності, погіршує точність оброблюваних деталей і в кінцевому результаті веде до простоїв обладнання та зниження продуктивності праці.

Основними напрямками розвитку технології інструментального виробництва є:

1. Наближення форми заготовки до форми готового виробу за рахунок пластичних деформацій при виготовленні інструментів, методів порошкової металургії.
2. Використання шліфувальних інструментів з надтвердих матеріалів, що дозволяє суттєво підвищити якість поверхонь інструмента, знизити шорсткість поверхонь, підвищити гостроту різальних кромок.

3. Використання спеціальних високошвидкісних і міцних шліфувальних кругів в поєднанні з сильним охолодженням дає можливість виконувати глибоке шліфування та вишліфовування стружкових канавок в суцільних заготовках з швидкорізальної сталі та твердих сплавів, що суттєво поліпшує якість інструмента.
4. Впровадження методів нанесення зносостійких покриттів, розробка відповідного обладнання дозволяють різко підняти стійкість інструмента, як із швидкорізальної сталі, так і з твердого сплаву.

В книзі систематизовані технологічні процеси виробництва інструментів. Описані інструментальні матеріали та їх технологічні властивості, розглянуті сучасні методи одержання заготовок, описані процеси обробки базових поверхонь, подані відомості про основні формоутворюючі операції. Велику увагу приділено заточувальним операціям, від яких значною мірою залежать якість виготовлення інструмента та його експлуатація.

Наведені дані з термообробки інструментів і по технологічним методам підвищення їх різальної здатності. Описані технологічні процеси виготовлення типових інструментів.

Книга призначена як підручник для студентів механічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Глава 1

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Для виготовлення робочої частини різального інструмента використовуються інструментальні вуглецеві, леговані та швидкорізальні сталі, тверді сплави, керамічні матеріали, надтверді матеріали.

1.1. Інструментальні сталі

Вуглецеві інструментальні сталі використовуються для виготовлення інструментів, які призначені для обробки металів з низькими швидкостями різання ($V = 10-15$ м/хв). Норми твердості та область використання вуглецевих інструментальних сталей наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Норма твердості вуглецевих інструментальних сталей

Марка сталі	Твердість НВ у відпаленому стані, не більше	Область використання
У10, У10А	197	Малорозмірний різальний інструмент, свердла, мітчики, розгортки, плашки, фрези
У11, У11А, У12, У12А	207	Свердла, розвертки, мітчики, плашки, фрези

Примітка: До групи високоякісних відносяться марки сталі з літерою А.

Вуглецеві інструментальні сталі погано загартовуються, вимагають застосування при цьому високих швидкостей охолодження, що викликає підвищене жолоблення інструмента і небезпечність виникнення тріщин.

Леговані інструментальні сталі поділяються на сталі неглибокого прогартовування (марок 13Х, 11ХФ) і сталі глибокого прогартовування (марок Х, 9ХС, ХВГ, ХВСГ) [Норми

твердості та область застосування легованих інструментальних вуглецевих сталей].

Найбільшого розповсюдження для виготовлення різального інструмента отримали сталі марок 9ХС, ХВГ і ХВСГ. Сталь 9ХС відрізняється доброю прогартовуваністю. Завдяки наявності кремнію зменшується чутливість до знеуглецювання, зберігається більш дрібна зернистість, забезпечується рівномірне розподілення карбідів (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Норми твердості деяких марок легованих інструментальних сталей

Марка сталі	Твердість НВ у відпаленому стані, не більше	Область використання
11ХФ(ПФ)	229	Мітчики та інші інструменти діаметром до 10 мм
ХВЧ(ХВ5)	255	Різці та фрези при обробці твердих металів з невисокими швидкостями різання
Х	229	Різці
9ХС	241	Свердла, розвертки, мітчики, плашки, фрези
ХВГ	255	Протяжки, довгі мітчики
ХВСГ	255	Круглі плашки, розгортки тощо

Швидкість різання інструментами з легованої сталі підвищується в 1,2–1,4 рази в порівнянні з інструментами із інструментальних вуглецевих сталей, що дозволяє виготовляти з цієї сталі інструменти великого діаметра, а також нарізні інструменти з дрібним кроком різьби.

Відмінною особливістю сталі ХВГ є її незначне жолоблення при термічній обробці. Тому вона використовується для виготовлення довгих інструментів. Однак сталь ХВГ має підвищену карбідну неоднорідність, понижений опір пластичним деформаціям, що не дозволяє рекомендувати її для інструментів, що працюють у важких умовах.

Швидкорізальні інструментальні сталі поділяються на сталі нормальної продуктивності (марок Р18, Р12, Р9, Р6М5 та ін.) і

сталі підвищеної продуктивності (марок Р6М5Ф3, Р12Ф3, Р9К5, Р6М5К5 та ін.). У порівнянні з інструментами з вуглецевих і легованих інструментальних сталей інструменти із швидкорізальних сталей мають більш високі теплостійкість (600–700 °С) і зносостійкість. Це дозволяє в 2,5–3 рази збільшувати швидкість різання у порівнянні з інструментами з вуглецевих або легованих сталей.

Норми твердості та область використання основних марок швидкорізальних сталей наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Норми твердості швидкорізальних сталей

Марки сталі	Твердість після відпаалу нв, не більше	Область використання
Р18	255	Для всіх видів різальних інструментів при обробці конструкційних матеріалів
Р12	255	Те ж, що і для сталі Р18
Р9	255	Для інструментів простої форми при обробці конструкційних матеріалів
Р6М5	255	Те ж, що і для сталі Р18
Р6М5Ф3	269	Для чистих і напівчистих інструментів при обробці конструкційних сталей
Р12Ф3	269	Для чистих інструментів при обробці в'язкої і аустенітної сталі та матеріалів, що мають абразивні властивості
Р18К5Ф2	285	Для чорнових і напівчистих інструментів при обробці високоміцних, корозійно-стійких і жароміцних сталей та сплавів
Р9К5	269	Для інструментів при обробці корозійно-стійких сталей і жароміцних сплавів, а також сталей підвищеної твердості
Р6М5К5	269	Для чорнових і напівчистих інструментів при обробці легованих, а також корозійно-стійких сталей
Р9К10	269	Те ж, що і для сталі Р9К5
Р9М4К8	285	Для інструментів при обробці високоміцних, жароміцних і корозійно-стійких сталей і сплавів
Р10К5Ф5	285	Для інструментів при обробці матеріалів, що мають абразивні властивості

При обробці різанням використовують порошкові швидкорізальні сталі Р6М5Ф3-МП, Р12Ф2-МП, Р6М5К5-МП та ін. При використанні порошкової металургії дисперсність карбідів в сталях виросла в 15÷20 разів при приблизно рівномірному розподіленні їх в об'ємі металу, що сприяло підвищенню властивостей і зменшенню їх анізотропій. Перевага порошкових сталей проявляється у підвищенні порошкових швидкорізальних сталей, стійкість інструмента підвищується в 1,5–2,0 рази, а в великогабаритних інструментів діаметром понад 80 мм – до 3–4 разів у порівнянні з аналогічним інструментом із сталі традиційного способу виробництва.

Найбільш раціонально порошкові сталі використовувати при обробці важкооброблюваних складнолегованих матеріалів і матеріалів, які мають підвищену твердість ($HRC > 30$), а також для виготовлення великогабаритних інструментів діаметром понад 80 мм.

Особливе місце серед інструментальних матеріалів, які виготовляються методом порошкової металургії, займають карбідні сталі, до складу яких входить легована матриця і переважно карбіди титану з масовою часткою 20–70 %. Карбідні сталі мають високі твердість (до 86–88 HRA) і зносостійкість. Область їх використання – деякі види кінцевого інструмента, протяжки. При обробці важкооброблюваних матеріалів рекомендуються дисперсійно твердіючі швидкорізальні сплави з температурою обробки до 725 °С при задовільних механічних властивостях.

Розроблені безвольфрамові швидкорізальні сталі 9ХС МЗФЗАГСТ та (Х, МЗФ2ГСТ). За різальними властивостями вони відповідають сталі Р6М5, що і визначає область їх використання.

За формою та розмірами інструментальні сталі виготовляються:

- ковані круглого і квадратного перерізів з діаметром і розміром сторони квадрата відповідно від 40 до 200 мм;
- гарячекатані круглого перерізу діаметром від 5 до 25 мм;
- гарячекатані квадратного перерізу з розміром сторони квадрата від 5 до 260 мм;

– смугами гарячекатані та ковані з розмірами перерізу від 3x12 до 80x300 мм;

– калібровані круглого перерізу діаметром від 3 до 100 мм.

Крім того, вуглецеві інструментальні сталі поставляються як прокат у вигляді гарячекатаного шестигранника з розміром під ключ від 3 до 100 мм, сріблянки діаметром від 0,2 до 50 мм; леговані інструментальні сталі – квадратного перерізу з розміром сторони від 3 до 100 мм, а також у вигляді сріблянки діаметром від 0,2 до 50 мм; швидкорізальні сталі – у вигляді сріблянки діаметром від 1 до 25 мм і шайб діаметром 100–200 мм із співвідношенням висоти до діаметра, що дорівнює 0,8–1,3.

Сталь поставляється партіями, що складаються з прутків, смуг однієї партії плавки, одного розміру і одного режиму термічної обробки. Глибина знеуглецьованого шару гарячекатаної, кованої та каліброваної швидкорізальної сталі не повинна перевищувати на сторону 0,5 мм плюс 1 % від діаметра круга, сторони квадрата, товщини смуги. Глибина знеуглецьованого шару гарячекатаної та кованої легованих сталей не повинна перевищувати 0,35–1,3 мм для діаметра від 4 до 100 мм, а у каліброваних – 1,5 % від діаметра, за винятком сталі, легованої кремнієм, для якої знеуглецьований шар не повинен перевищувати 2 % від діаметра. Глибина знеуглецьованого шару гарячекатаної та кованої вуглецевої сталі діаметром від 6 до 60 мм не повинна перевищувати 0,30–0,05 мм, а для діаметрів понад 60 мм – 1,5 % від величини діаметра. Для всіх інструментальних сталей на сріблянці знеуглецьований шар не допускається. Інструментальні сталі повинні мати певну технологічність. До найбільш суттєвих технологічних властивостей інструментальних сталей необхідно віднести пластичність їх при гарячій обробці (ковкість), чутливість до знеуглецювання, оброблюваність лезовим інструментом в стані постачання, шліфування, відсутність схильності до утворення тріщин при напаяванні, заточуванні та доводці тощо.

Вуглецеві інструментальні сталі в стані постачання мають низьку твердість. Тому вони добре обробляються різанням і тиском. Проте вони вимагають при загартуванні високу швидкість охолодження, що обумовлює підвищене жолоблення та небезпеку виникнення тріщин.

Леговані інструментальні сталі також добре обробляються різанням, мають велику прогартовуваність, меншу чутливість до перегрівання, ніж вуглецеві сталі. Важлива властивість при практичному використанні швидкорізальних сталей – висока пластичність в інтервалі температур 900–200 °С. Для оцінки пластичності зразки із швидкорізальної сталі підлягають статичному крученню. За критерій пластичності приймається число закручень, яке витримує зразок.

Таблиця 1.4
Деякі технологічні властивості вуглецевих і легованих інструментальних сталей

Марка сталі	Обробка лезовим інструментом		Шліфування
	Кобр	KV	
У10, У10А	1,0	1,1	Добре
У11, У11А	0,9	0,9	Добре
У12, У12А	0,8	0,9	Добре
11Х, 11ХФ	1,0	1,1	Задовільне
Х	0,5	0,9	Задовільне
9ХС	0,5	0,9	Задовільне
ХВГ, ХВСТ	0,5	0,8	Задовільне

Таблиця 1.5
Технологічні властивості швидкорізальних сталей

Марка сталі	Пластичність при Т, °С			K_V	K_M	Схильність до перегрівання	Схильність до знеуглецювання
	900	1100	1200				
P6M5	9,5	7,4	5,2	1,0	0,8	Так	Підвищена
P6M5K5	5,5	6,5	5,5	0,75	0,8	"_"	"_"
P9	9,3	6,3	4,5	1,30	0,4	"_"	Задовільна
P9K5	6,1	6,1	5,7	0,85	0,4	"_"	Підвищена
P9K10	6,0	7,9	6,1	0,75	0,4	"_"	"_"
P9M4K8	4,9	7,1	5,6	0,65	0,6	"_"	"_"
P12	6,3	5,5	5,0	1,20	0,8	Не менше, ніж у P9	Задовільна
P12	6,3	5,5	5,0	1,20	0,8	Те ж	Те ж
P18	4,0	5,6	4,9	1,0	1,0	Ні	Те ж

Примітка: Пластичність $\gamma = 0,628n$, де n – число обертів, на яке закрутився зразок при дослідженні; K_V – коефіцієнт обробки твердосплавним різцем сталі в стані постачання; K_M – коефіцієнт шліфування сталі в термічно обробленому стані.

Деякі технологічні властивості найбільш розповсюджених вуглецевих і легованих інструментальних сталей наведені в табл. 1.4, а швидкорізальних сталей – в табл. 1.5.

1.2. Тверді сплави

Для обробки матеріалів різанням використовують тверді сплави чотирьох основних груп: вольфрамокобальтові, титано-вольфрамові, титанотанталовольфрамові та безвольфрамові.

Вольфрамокобальтові сплави складаються з карбіду вольфраму і кобальту. В позначеннях марок твердих сплавів групи ВК цифра вказує відсотковий зміст кобальту. Наприклад, до складу сплаву ВК6 входить 6 % кобальту і 94 % карбіду вольфраму. Для виготовлення різального інструменту використовують сплави ВК3, ВК3М, ВК4, ВК6, ВК6-М, ВК6-ОМ, ВК8, ВК10, ВК10-М, ВК10-ОМ. В позначенні марок дрібнозернистого твердого сплаву ставиться літера М, особливо дрібнозернистих сплавів (основна маса зерен карбіду вольфраму має розмір менше 1 мкм) – літери ОМ, а сплавів з добавкою карбідів хрому – літера Х. При збільшенні в сплавах вмісту кобальту межа міцності при згині зростає від 1176 МПа у сплаві ВК3 до 1470 МПа у сплаві ВК10-ОМ. В той же час твердість НРА зменшується від 89,3 до 88,5, тому сплав ВК3 з мінімальним вмістом кобальту, як найбільш зносостійкий, але найменш міцний, рекомендується для чистової обробки, а сплави ВК8, ВК10М і ВК10-ОМ – для чорнової обробки. Сплави групи ВК рекомендуються переважно для обробки чавунів, кольорових металів, склопластиків. Двокарбідні тверді сплави групи ТК складаються з карбідів вольфраму, титану і кобальтової зв'язки ($WC - TiC - Co$). В позначеннях марок твердих сплавів групи ТК цифра після літери Т вказує відсотковий вміст карбідів титану, а після літери К – відсотковий вміст кобальту. Наприклад, сплав Т15К6 вміщує 18 % карбідів титану, 6 % кобальту і 79 % карбідів вольфраму. Для виготовлення різального інструменту використовують сплави Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12. Найбільш міцними і в'язкими сплавами з цієї групи є сплави, до складу яких входить найменша кількість карбідів титану. З підвищенням вмісту ос-

танні міцність та в'язкість сплавів знижується, але зростає їх твердість, теплостійкість та стійкість до зношування. Тому сплав Т30К4 використовують для чистового точіння з малими навантаженнями на інструмент. Сплави Т5К10 і Т5К12 характеризуються найбільшою міцністю та в'язкістю і використовуються для роботи у важких умовах ударних навантажень при нерівномірному перерізі зрізу і переривчастому різанні. Сплави групи ТК рекомендуються головним чином для обробки сталей.

Тверді сплави групи ТТК з вмістом танталу складаються з трьох основних фаз: твердого розчину карбідів титану, вольфраму і танталу, а також карбиду вольфраму і розчину на основі кобальту. В позначеннях марок цих твердих сплавів цифри після літер ТТ вказують на сумарний відсотковий вміст карбідів титану і танталу, а після літери К – відсотковий вміст кобальту. Наявність в складі сплавів цієї групи карбідів танталу обумовило значне підвищення їх міцності та в'язкості при деякому зменшенні стійкості.

Для виготовлення різального інструмента, використовують сплави ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8-Б, ТТ20К9. Вони рекомендуються для важких умов різання з великими коливаннями перерізу зрізу, а також для переривчастого різання. Найбільш міцним є сплав ТТ7К12. Сплав ТТ7К12 має хороший опір до перепадів температур і утворення тріщин. Він рекомендується для обробки сталі в найбільш несприятливих умовах. Сплав ТТ20К9 характеризується підвищеним опором до теплових і механічних циклових навантажень і рекомендується для фрезерування глибоких пазів в сталевих заготовках.

Зі всіх існуючих твердих сплавів сплави ВК при однаковому вмісті кобальту мають більш високі ударну в'язкість та межу міцності при згині, при пониженій стійкості цих сплавів до окислення та корозії. Разом з тим, вони можуть при обробці різанням скріплюватися зі стружкою. Область використання різних марок твердих сплавів наведено в табл. 1.6.

Безвольфрамкові тверді сплави на основі карбідів і карбонітридів титану з нікелемолібденовим з'єднувальним матеріалом відрізняються високою стійкістю до припалу, малим коефіцієнтом тертя, пониженою схильністю до адгезії, але меншою міцністю, схильністю до утворення тріщин при напаяванні. Вони

показують хороші результати при напівчистовій обробці конструкційних сталей, міді, нікелю. Для виготовлення різального інструмента використовують сплави КНТ16 та ТН20.

Всі марки твердих сплавів розподілені за міжнародною класифікацією (ISO) на групи К, М та Р. Сплави групи К призначені для обробки чавуну і кольорових металів, що дають стружку надлому, сплави групи М – для важкооброблюваних матеріалів, сплави групи Р – для обробки сталей.

Приблизна відповідність вітчизняних і закордонних марок твердих сплавів класифікації ISO наведена в табл. 1.6

Таблиця 1.6

Відповідність марок твердих сплавів класифікації ISO

Група використання за ISO			Марки сплавів іноземних фірм за ГОСТом				
Ос-нов-на	Під-гру-па	ГОСТ	США	Фірма "Коро-манг" (Швеція)	Фірма "Валь-тер" (ФРН)	Фірма "Хер-тель" (ФРН)	Фірма "Сумі-томо" (Японія)
1	2	3	4	5	6	7	8
Р	P01	T30K4	C8	F02; SIP	–	–	STIOR; ACIO; AC815
	P10	T15K6	C70	SIP; S10T; GC415; GC015	–	–	STIOR; AC815
	P15	–	–	–	WT-1	–	–
	P20	T14K8	C7	S2; GC120	WPM	P2F	AC720; ST20E
	P25	TT20K9	C60	GC1025; SM; SMA	WPM	P2F	–
	P30	T5K10	C6	SM30; S30T	WPM; WP40	P2F; GX	AC835; ST30E; A
	P40	T5K10	C50	S6	WP40	GX	ST40E; A835
	P50	TT7K12	C5	R4	–	GX	–
М	M10	TT8K6	–	RIP; H13A	WM15; WT2	KMI	–
	M20	TT10K8Б	–	GCC415; GC015; SH; H13A	WM15; WT2	KMI	–
	M40	TT7K12	–	R4	–	–	–

Закінчення табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8
К	K01	ВК3; ВК3М	С4	Н05	—	—	Н1; Н2; АС10
	K05	ВК6-М	—	—	—	КМ1	—
	K10	ВК6-ОМ	С3	Н1Р; GC310	WK10; WT2	КМ1; K20	G10E; АС10
	K20	ВК6	С2	SMA; НВА; Н20	WKM; WT2	—	G10E; А30
	K30	ВК8; ВК8М	CN	Н20; НВА	WK40	—	—
	R40	ВК15	—	—	WK40	—	—

Примітка: Марки сплаву відносяться до основної підгрупи застосування. Вони можуть бути використані і в сусідніх підгрупах.

Розроблені та отримали розповсюдження сплави серії МС. Стійкість різального інструмента із сплавів МС у порівнянні зі сплавами групи ВК і ТК в 1,5 рази вища. Замінені сплавами серії МС сплави групи ВК і ТК наведені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7

Марки твердого сплаву серії МС

Марки твердого сплаву			
Серії МС	За ГОСТом	Серії МС	За ГОСТом
МС301	ВК3	МС131	Т5К10
МС313	ВК6	МС146	Т5К12
МС318	ВК6	МС121	Т14К8
МС312	ВК6М	МС111	Т15К6
МС306	ВК6-ОМ	МС101	Т30К4
МС212	ВК6-ОМ	МС1460	ТТ7К2ГТ
МС321	ВК8	МС221	ТТ10К8Б
МС347	ВК8	МС2210	ТТ10К8БГТ
МС241	ВК8	МС137	ТТ20К9

Одним з шляхів підвищення експлуатаційних характеристик твердих сплавів є нанесення на різальну частину інструмента тонких зносостійких покриттів на основі нітриду титану, карбіду титану, нітриду молібдену, окислу алюмінію. Товщина

шару покриття коливається від 0,005 до 0,2 мм. Досліди показують, що тонкі зносостійкі покриття призводять до значного збільшення стійкості інструмента.

Області використання різних марок твердих сплавів наведені в табл. 1.8.

Таблиця 1.8

Області використання твердих сплавів

Позначення	Оброблюваний матеріал. Тип стружки, що знімається	Вид обробки. Умови використання
1	2	3
Група різання Р		
P01	Сталь. Зливна стружка	Чистове точіння, розточування, розгортання (високі точності обробки та якості поверхні виробу)
P10	Сталь. Зливна стружка	Точіння, в тому числі по копіру, нарізання різи, фрезерування, розсвердлювання, розточування
P20	Сталь, ковкий чавун та кольорові метали. Зливна стружка	Точіння, в тому числі по копіру, фрезерування, стругання
P25	Сталь нелегована, низько- і середньолегована	Фрезерування, в тому числі глибоких пазів, інші види обробки, при яких у сплаві повинен бути високий опір тепловим і механічним навантаженням
P30	Сталь, ковкий чавун. Зливна стружка	Чорнове точіння, фрезерування, стругання. Робота в несприятливих умовах
P40	Лита сталь. Зливна стружка і стружка надлому	Чорнове точіння, стругання. Робота в особливо несприятливих умовах
P50	Сталь із середньою або низькою міцністю, з додаванням піску і раковин. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, стругання, довбання з особливо високими вимогами до міцності твердого сплаву у зв'язку з несприятливими умовами роботи. Для інструментів складної форми.

Продовження табл. 1.8

1	2	3
Група різання М		
М10	Сталь, в тому числі аустенітна, жароміцна, важкооброблювана, сплави, сірий, ковкий і легований чавун. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, фрезерування
М20	Сталь, в тому числі жароміцна, важкооброблювана, сплави, сірий та ковкий чавуни. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, фрезерування
М30	Аустенітна сталь, жароміцні, важкооброблювані сталі і сплави, сірий і ковкий чавуни. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, фрезерування, стругання. Робота в несприятливих умовах.
М40	Низьковуглецева сталь з низькою міцністю, автоматна сталь та інші матеріали і сплави. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, фасонне точіння, відрізання переважно на верстатах-автоматах
Група різання К		
К01	Сірий чавун, переважно високої твердості, алюмінієві сплави з великим вмістом кремнію, загартована сталь, абразивні пластмаси, кераміка, скло. Стружка надлому	Чистове точіння, розточування, фрезерування, шабрування
К05	Леговані чавуни, загартовані сталі, корозійностійкі сталі та сплави. Стружка надлому	Чистове і напівчистове точіння, розточування, розвертання, нарізання різі
К10	Сірий і ковкий чавуни, переважно підвищеної твердості, загартована сталь, алюмінієві та мідні сплави, пластмаси, кераміка	Точіння, розточування, фрезерування, свердлування, шабрування

Закінчення табл. 1.8

1	2	3
K20	Сірий чавун, кольорові метали, абразивна пресована деревина, пластмаси. Стружка надлому	Точіння, фрезерування, стругання, свердлування, розточування
K30	Сірий чавун низької твердості та міцності, сталь низької міцності, деревина, кольорові метали, пластмаси, щільна деревина. Стружка надлому	Точіння, фрезерування, стругання, свердлування. Робота в несприятливих умовах*. Допустимі великі передні кути заточування інструмента
K40	Кольорові метали, деревина, пластмаси. Стружка надлому	Точіння, фрезерування, стругання. Допустимі великі передні кути заточування інструмента

* Робота зі змінною глибиною різання, з переривчатою подачею, з ударами, вібраціями, з наявністю ливарної кірки і абразив-абразивними включеннями в оброблюваному матеріалі.

Примітки: 1. Зносостійкість сплаву при різанні і допустима швидкість різання зменшується в напрямку від групи використання P01, M10 і K01 до групи використання P50, M40 і K40, а міцність і допустимий переріз зрізання збільшується з тією ж закономірністю.

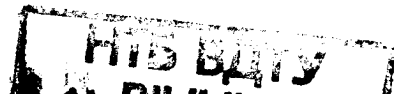
2. Колір маркування залежить від групи різання:
P – синій; M – жовтий; K – червоний.

Тверді сплави випускаються у вигляді непереточуваних багатограних і переточуваних пластинок різної форми, твёрдосплавних заготовок для монолітного малорозмірного інструменту, а також у вигляді порошоків.

1.3. Різальна кераміка

Для обробки матеріалів різанням використовують оксидну кераміку, до складу якої входить 90 % Al_2O_3 , легованих добавок карбідів хрому, титану, вольфраму, молібдену та складних карбідів цих металів. Це підвищує межу міцності кераміки на згинання, але дещо зменшує її теплостійкість і зносостійкість.

Суттєвим недоліком кераміки є її висока крихкість, низька ударна в'язкість та поганий опір до циклічних змін теплового



410655

навантаження та ударних механічних навантажень. Основні марки різальної кераміки наведені в табл. 1.9.

Таблиця 1.9

Основні марки різальної кераміки

Група кераміки	Марка	Колір пластин	Межа міцності при згині, МПа	Твердість НРА
Оксидна	ЦМ332	білий	300–350	91
	ВО13	білий	400–450	92
	ВШ75	чорно-сірий	400–600	93
Оксидно-карбідна і оксинітридна	В3	чорний	650	93
	ВОК60	чорний	650	93
	ВОК71	чорний	650	93
	Кортиніт	темно-коричневий	640	92
На основі нітриду кремнію	Силиніт-Р	коричневий	500–700	94–96

Різальну кераміку виготовляють у вигляді пластинок тригранної, квадратної, ромбоподібної та круглої форм. Різальна кераміка рекомендується для чистової та напівчистової обробки. Вона використовується при обробці різцями і торцевими фрезами. Область використання різних марок різальної кераміки наведені в табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Області використання різальної кераміки

Оброблюваний матеріал	Твердість	Запропонована марка кераміки
Сталі конструкційні вуглецеві та леговані	НВВ160–200 НВ 200–260 НРС 42–57	ВО-13, ВШ-75, силиніт-Р ВС-13, ВОК-71, ВШ-75, силиніт-Р ВОК-60, В-3, кортиніт
Чавун сірий	НВ 200 НВ 200	ВО-13, ВШ-75 ВОК-71 кортиніт
Ковкий	НРС 63	ВОЙ-71, В-3, кортиніт
Сталі корозійностійкі	НРС 50	ВОЙ-60, ВОК-71
Кольорові метали на основі міді	НВ 60–120	В-3, кортиніт

Висока теплостійкість різальної кераміки дозволяє використовувати їх при високих швидкостях різання, які перевищують швидкості різання твердосплавним інструментом.

1.4. Надтверді матеріали (НТМ)

Надтверді матеріали, що використовуються для лезового інструмента є, щільними модифікаціями вуглецю або нітриду бору. НТМ на основі алмазу (полікристали алмазу) отримують в результаті фазового переходу графіту в алмаз. До перших відносяться карбонад (АСПК) і баласт (АСБ). Спінанням алмазних зерен отримують полікристали САБН, СКМ та ін.

На основі щільних модифікацій кубічного нітриду бору створені надтверді інструментальні матеріали, що називаються композити. До них відносяться композит 01 – ельбор-Р, композит 02 – белбор, композит 03 – ісмїт, композит 05, композит 09 (ПТНБ) композит 10 – гексаніт Р, кіборит і ніборит. Надтверді інструментальні матеріали поставляються у вигляді циліндричних заготовок, а також у вигляді багатограних або круглих пластин. Основні розміри циліндричних заготовок із НТМ лезового різального інструменту наведені в табл. 1.11, а області використання різних НТМ для лезового інструмента – в табл. 1.12.

Таблиця 1.11
Основні розміри циліндричних заготовок із НТМ

Матеріал	Діаметр, мм	Висота, мм
Композит 01 (ельбор Р)	3,5–4,6	3,5–4,0
Композит 02 (белбор)	3,5–4,2	3,5–5,0
Композит 03	2,5	3,5
Композит 05 група I	6,5–7,5	7,0–8,0
група II	9,5–10	7,0–8,0
Композит 09 (ПТНБ)	1,8–8,0	3,5–4,2
Композит 10 (гексаніт Р)	3,0–6,5	3,0–5,0
Полікристали алмазу:		
АСПК2	3,5	4,0
АСБ1	3,6–5,8	3,0–5,6
АСБ2	3,6–6,0	3,0–5,4
АСБ6	5,0–6,0	1,8–6,0

Таблиця 1.12

Область використання інструментальних НТМ

Матеріал	Область використання
К01 (ельбор Р) К02 (белбор) К03 (ісміт)	Чистова обробка без удару деталей із загартованих сталей з HRC _c 40–63, чавунів
Композит 05	Чистова і напівчистова обробка удару деталей із загартованих сталей HRC 41–50, чавунів та інших матеріалів, що дають стружку надлому
Композит 09 (ІТНБ) К10 (гексаніт Р)	Чистова і напівчистова обробка деталей з переривчастою поверхнею із загартованих сталей HRC 58–60, чавунів, твердих сплавів
Полікристали алмазу (АСП) АСПК	Обробка титанових, високремнистих алюмінієвих сплавів, склопластиків, мінералокераміки, пластифікованого твердого сплаву, мідних сплавів

1.5. Сталі для виготовлення корпусів інструментів

У складеного інструмента корпуси і елементи кріплення виготовляються з конструкційних сталей марок: 45, 50, 60, 40X, 45X, У7, У8, 9ХС та ін. Найбільше розповсюдження отримала сталь 45, з якої виготовляють державки різців, хвостовики свердел, зенкерів, розверток, мітчиків, корпуси збиральних фрез, розточувальні оправки.

Для виготовлення корпусів інструментів, які працюють у важких умовах, використовують сталь 40X. Вона після загартування в маслі та відпуску забезпечує зберігання точності паців, в які вставляються ножі.

У тому випадку, коли окремі частини корпусу інструмента працюють на зношування, вибір марки сталі визначається необхідністю забезпечення отримання високої твердості в можливих місцях тертя. До таких інструментів відносяться, наприклад, твердосплавні свердла, зенкери, в яких напрямні стрічки в процесі роботи стикаються з поверхнею обробленого отвору і швидко зношуються. Для корпусів подібних інструментів використовують вуглецеву інструментальну сталь, а також леговану інструментальну сталь 9ХС. Корпуси алмазних кругів можуть

виготовлятися з алюмінієвих сплавів, а також алюмініокалітвого прес-порошку і кераміки.

Контрольні запитання

1. Назвіть область використання вуглецевих інструментальних сталей.
2. Назвіть область використання легованих інструментальних сталей.
3. Назвіть область використання швидкорізальних сталей.
4. Назвіть область використання твердих сплавів групи ВК.
5. Назвіть область використання твердих сплавів групи ТК.
6. Назвіть марки мінералокераміки і область їх використання.
7. Назвіть область використання полікристалічних надтвердих матеріалів.

Глава 2

ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ІНСТРУМЕНТІВ

2.1. Вибір заготовок

Для виготовлення заготовок сталевого різального інструмента використовується інструментальна сталь у вигляді прутків круглого і багатогранного перерізів, а також у вигляді смужок. При вирішенні питання про характер заготовки для сталевого інструмента необхідно мати на увазі, що інструменти складні, типу зуборізних, необхідно виготовляти із швидкорізальних сталей з балом карбідної неоднорідності – 2–3, а більш прості інструменти (зенкери, розвертки тощо) з балом – 3–5.

Величина балу карбідної неоднорідності багато в чому залежить від ступеня пластичної деформації. Тому в катаній сталі бал карбідної неоднорідності тим менший, чим менший переріз заготовки. Заготовки з прутків гарячекатаної сталі діаметром до 30 мм не вимагають додаткового проковування. Заготовки діаметром до 45 мм можна використовувати без додаткового проковування для інструментів, різальні кромки яких розташовані на периферії, оскільки серцевина заготовок зберігає більшу карбідну неоднорідність, ніж поверхневі шари. Інструменти діаметром більше 50 мм виготовляють з поковок, забезпечуючи цим рівномірне розподілення карбідів. Необхідно враховувати, що у вольфрамо-молібденових сталей карбідна неоднорідність на два бали нижча, ніж у сталі P18.

Тверді сплави поставляються у вигляді пластин під напоявання або наклеювання. Відхилення лінійних розмірів пластин не повинні перевищувати значення, які подані в табл. 2.1–2.3. Відхилення кутових розмірів не повинні перевищувати $\pm 1^\circ$ при куті до 10° і $\pm 2^\circ$ при куті більш 10° . Масово випускаються змінні багатогранні пластини, які не переточуються при експлуатації. Вони виготовляються з високою точністю форми і розмірів, різної ступені точності, шліфованими по всіх поверхнях або тільки по опорі. Так, межа відхилення діаметра контрольного циліндра $\pm 0,02$ мм.

Таблиця 2.1

Граничні відхилення товщини пластин

Товщина пластин, мм	Точність пластин	
	нормальна	підвищена
До 0,8	-0,1	-0,1
Понад 0,8–2,0	-0,2	-0,1
Понад 2,0–4,0	-0,3	-0,1
Понад 4,0–6,0	-0,4	-0,1
Понад 6,0–10,0	-0,5	-0,15

Таблиця 2.2

*Допуск площинності пластин
нормальної ступені точності*

Номинальна довжина пластин	Товщина пластин		
	до 2	понад 2 до 4	понад 4
До 10	0,10	0,10	–
Понад 10–18	1,5	0,15	0,10
Понад 18–30	0,20	0,20	0,15
Понад 30–50	–	0,25	0,20
Понад 50–80	–	–	0,25

Таблиця 2.3

*Допуск площинності пластин підвищеної
ступені точності (мм)*

Номинальна довжина пластин до 10	Товщина пластин		
	до 2	понад 2 до 4	понад 4
До 10	0,05	0,05	–
Понад 18–30	0,10	0,10	0,05
Понад 30–50	–	0,10	0,10
Понад 50–80	–	–	0,15

2.2. Правка прутків і дроту

Правка і калібрування прутків та смуг здійснюється для зменшення їх кривизни та підвищення точності їх форми. Правкою зменшують припуск на наступну механічну обробку. При підвищеній (більше 1,5–2 мм на 1000 мм довжини) кривизні прутків неможливо забезпечити нормальну роботу подаючих

цанг на автоматах, а також надійне затискання прутків в патронах токарно-відрізних верстатів.

Правка і калібрування прутків здійснюється, як правило, на правильно-калібрувальних станах мод. ПК290, на яких, крім правки, виконується калібрування по діаметру. Точність правки – 0,5–0,9 мм/м. Для правки прутків діаметром до 40 мм використовують верстати з однією парою роликів, осі яких розміщені з нахилом одна до одної (рис. 2.1). Один з роликів має опуклу поверхню, а другий – ввігнуту. Ролики при обертанні захоплюють пруток, протягують його і випрямляють. Точність правки – 0,2–0,7 мм/м.

Правка коротких прутків виконується також на гідравлічних пресах з встановленням прутків на жорсткі призми. Висока продуктивність правки коротких циліндричних заготовок досягається на накатних станах з плоскими плашками. Точність правки – 0,05–0,1 мм/м.

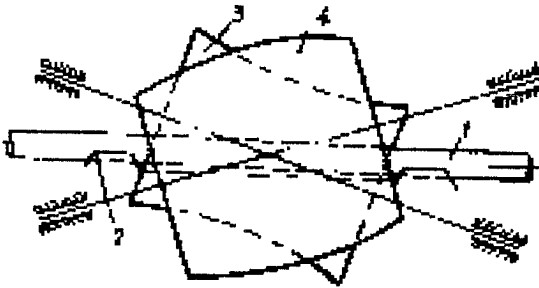


Рис. 2.1. Схема правки прутка

2.3. Відрізання заготовок

Відрізання заготовок інструмента з пруткового матеріалу проводиться на відрізних верстатах, на стрічкових, ножівкових і дискових пилах, на токарно-відрізних та абразивно-відрізних верстатах, на ексцентрикових пресах і ножицях. Вибір способу відрізання заготовок залежить від характеру виробництва, вимог до якості різання, розмірів заготовок і витрат металу на відрізання.

Відрізання на пилкових верстатах з механічним приводом широко використовується в інструментальних цехах і на інструментальних заводах завдяки простоті обслуговування та невеликій ширині розрізу. На пилкових верстатах відрізаються заготовки діаметром від 40 до 220 мм. Як інструмент використовуються пилкові полотна. Швидкість різання при обробці сталі буде 10–30 м/хв, подача – 0,05–0,25 мм/подв. хід. Проте цей спосіб відрізання має суттєві недоліки: низька продуктивність та одержання косих торців.

Відрізання заготовок на стрічкових пилках вертикального, горизонтального і нахилоного типів характеризується високою продуктивністю та малою шириною. Широке використання цього способу стримується дефіцитом і високою вартістю стрічок. Завдяки тонкому пропилю (0,8–1 мм) на стрічкових пилках доцільно проводити відрізання дисків невеликої товщини, типу вузьких фрез із швидкорізальної сталі. Величина подачі на один зуб – 0,02–0,04 мм, швидкість різання 12–18 м/хв. Відрізання ведеться з охолодженням на верстатах моделей 8532, 8544, 8545.

На дискових пилках заготовки відрізають круглими сегментними пилками діаметром від 275 до 1010 мм і шириною від 5 до 8 мм. Цей спосіб використовується для відрізання заготовок, як правило, діаметром понад 80 мм під наступне кування, штампування або механічну обробку. Відрізання на дискових пилках характеризується високою продуктивністю. Фрезерно-відрізні верстати моделей 8А641, 8В66, 872А дозволяють відрізати заготовки діаметром до 240 мм. Швидкість різання при обробці сталі приймають 10–20 м/хв, а подачу на зуб – 0,02–0,2 мм. При розрізі заготовку необхідно розмістити симетрично відносно осі пилки. При розміщенні матеріалу вище осі пилки виникають великі зусилля подачі, при розміщенні нижче осі можлива поломка зубців внаслідок затягування пилки в матеріал заготовки.

Недоліком розрізу за допомогою пилки є наявність шерби на торцях заготовок в місцях закінчення різання, що вимагає допоміжної механічної обробки для їх усунення.

Відрізання на токарно-відрізних верстатах моделей МФ142, МФЭ72, ЛА-125, МК-224 і 1240-0 здійснюється в автоматичному режимі. Суттєвою перевагою відрізання на таких

верстатах є можливість утворення при відрізанні торців плоскої форми. Токарно-відрізнi верстати бувають вертикального і горизонтального типів.

Вертикальні верстати використовують для відрізання заготовок діаметром від 2 до 25 мм, а горизонтальні – для відрізання заготовок діаметром від 2 до 150 мм. Як інструмент використовують різці шириною від 3 до 7 мм. На деяких верстатах-автоматах для відрізання встановлюються різцеві головки, оснащені двома різцями, що дозволяє значно збільшити продуктивність відрізання. Режими відрізання: швидкість різання – від 9 до 20 м/хв, подача – від 0,017 до 0,10 мм/об.

Недоліком відрізання на токарно-відрізнiх верстатах є невисока продуктивність та необхідність додаткової обробки для видалення залишку поблизу осі заготовки, що заважає виконанню центрального отвору.

На абразивно-відрізнiх верстатах відрізають заготовки діаметром до 80 мм вузьким (шириною 2–5 мм) шліфувальним кругом діаметром 170–440 мм. Характеристика кругів (ГОСТ 2424–75) – 40П СТ1–СТ3 7Б 50 м/с 1 кл. А.

Заготовки при розрізанні можуть бути нерухомими або обертатись. При розрізі нерухомих заготовок їх торці часто бувають скошені, що вимагає додаткової обробки після відрізання. При розрізі заготовок, що обертаються, торці перпендикулярні до осі. Розрізання абразивними кругами відрізняється високою продуктивністю. Режими відрізання: число обертів круга за хвилину – 2000–3570, подача – від 90 до 450 мм/хв в залежності від діаметра прутка і марки матеріалу.

Припуски на підрізання торців і допуски на відрізання залежать від діаметра заготовок, що відрізаються, їх довжини і способу відрізання. При відрізанні заготовок діаметром 6–8 мм і довжиною до 600 мм двосторонні припуски і допуски приймаються в межах від $0,8 \pm 0,3$ до $3,0 \pm 1,0$ мм, при відрізанні заготовок діаметром 80–240 мм і довжиною до 600 мм – у межах від $2 \pm 0,7$ до $6,0 \pm 1$ мм.

2.4. Рубання заготовок

Рубання заготовок виконується на ексцентрикових пресах і ножицях з використанням штампів, які покращують якість зрізання. Спосіб відрізняється високою продуктивністю та ефективний в умовах багатосерійного і масового виробництва. Для рубання заготовок в інструментальному виробництві використовують ексцентрикові преси моделей К30, К116, К117, К262Б, кривошипні ножиці моделей НБ1425, Н1226А, НБ1427, НБ1428, НБ1429, НБ1431, а також кривошипні закриті ножиці АКН1830, АКН1834Б та ін.

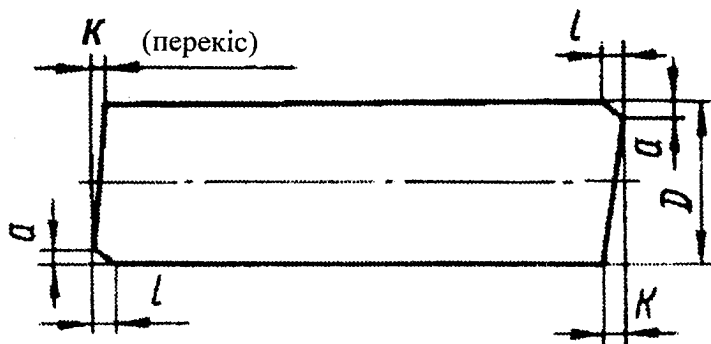
При рубанні пруткового матеріалу на ножицях і пресах за допомогою двох ножів, з яких верхній ніж рухомий, а нижній нерухомий, кінці прутків деформуються, а торці будуть з перекосом. На якість зрізання суттєво впливає зазор між ножами. При рубанні заготовок величина зазору повинна бути в наступних межах: для швидкорізальної сталі – 1,5–2 %, для сталі 40Х і сталі 45 – 2,5–4 %, для вуглецевих інструментальних сталей – до 5,5 % від діаметра прутка.

Для підвищення точності використовуються бездеформаційні штампи. Робочими елементами таких штампів є дві відносно розташовані втулки, в які вставляється пруток розподілу. Одна з втулок нерухома і одночасно виконує роль напрямної та матриці, інша втулка рухома в напрямку, перпендикулярному до осі, є пуансоном. Рубання відбувається при переміщенні рухомої втулки вниз. Її переміщення відбувається разом з відрубаною частиною прутка. При добре налагодженому штампі зрізання буде більш якісним, ніж при інших способах рубання. В табл. 2.4 наведені розміри торця заготовки після рубання.

Конструкційні та інструментальні сталі, крім швидкорізальної сталі, зазвичай рубають в холодному стані. Прутки діаметром понад 20 мм з швидкорізальних сталей, які схильні до утворення тріщин і розшарування, перед рубанням необхідно підігрівати до 200–300 °С. Це суттєво ускладнює технологічний процес.

Таблиця 2.4

Форма торця заготовки після рубання на пресах
в спеціальних малодеформаційних штампах



Діаметр заготовки, мм	Величина дефекту, мм		
	перекіс торця k	стискання по діаметру a	довжина стискання l
36	0,2	1,22	10,2
20	0,12	0,68	5,6
10	0,08	0,34	2,8

При розподілі заготовок із сріблянки діаметром до 6 мм використовують метод надлому з циклічним згинанням. На верстаті гострим твердосплавним ножом в місці розрізу на заготовці, що обертається, виконується кільцевий надріз, який служить концентратом напруги. При цьому відокремлення заготовки відбувається при циклічному згинанні.

В інструментальному виробництві знайшли деяке використання й інші методи: анодно-механічне і плазмове розрізання, розрізання заготовок твердих матеріалів за допомогою електроерозії та променем лазера.

2.5. Кування та штампування

Ці операції використовуються з метою надання заготовкам відповідної форми і покращення структури інструмента – зменшення карбідної неоднорідності. Останнє особливо важливе для різальних інструментів, які виготовляються із швидкорізальних і високолегованих інструментальних сталей. Для одержання заготовок з низьким балом карбідної неоднорідності необхідно поєднувати багаторазову осадку з витяжкою.

Нагрівання під кування швидкорізальної сталі у зв'язку з її поганою теплопровідністю проводиться повільно. Заготовки ставлять в піч з температурою 400–500 °С і витримують при цій температурі з розрахунку 7–8 хвилин на 10 мм діаметра заготовки. Час підвищення температури до 780–820 °С встановлюється з розрахунку 10 хвилин на 10 мм перерізу. При цій температурі відбувається витримка з розрахунку 7–8 хвилин на 10 мм перерізу. Подальше збільшення температури до початку кування відбувається прискорено, щоб уникнути утворення цементної сітки і окислення сталі. Температура на початку кування для швидкорізальних сталей Р18 встановлюється 1220 °С, для сталей Р12, Р6М5, Р6К5, Р9К5, Р6М5К5 – 1160 °С. Кування закінчують при температурі 900–950 °С. Охолодження заготовок після кування проводиться уповільнено в підігрітих тиглях. Після кування та охолодження заготовки піддаються відпалу для знімання напруг та зниження твердості перед наступною механічною обробкою.

Кування заготовок виконують на кувальних молотах. Розміри поковок, які виконуються на кувальних пневматичних молотах (за даними МІЗ), наведені в табл. 2.5.

Розміри поковок D_k і B_k визначаються з врахуванням припусків (табл. 2.6).

Економічним способом одержання заготовок є штампування, яке використовується в багатосерійному і масовому виробництві і забезпечує зменшення втрат металу. У зв'язку із зменшенням припусків на механічну обробку значно зменшується трудомісткість виготовлення інструмента.

Таблиця 2.5

Розміри поковок, які виконуються на кувальних пневматичних молотах

Марка сталі	Розміри поковок, мм	Номінальна маса частин полотна, що падають, кг			
		150	400	750	1000
P18, P6M5 P6M5K5	Найбільший переріз а х в	40x40	110x110	200x200	270x270
P9K10	Найбільший діаметр	45	125	225	300
P9M4K8	Найменша висота	10	15	25	45
X, X6BФ, XBГ, 5XHM, 5XHB	Найбільший переріз а х в	50x50	130x130	230x230	310x310
	Найбільший діаметр	55	145	260	350
	Найменша висота	10	15	25	40
У7, У8 У10, У12	Найбільший переріз а х в	50x50	140x140	250x250	330x330
	Найбільший діаметр	58	160	280	370
	Найменша висота	8	11	20	35
20X, 40X	Найбільший переріз а х в		150x150	270x270	330x330
	Найбільший діаметр		180	300	370
	Найменша висота		11	20	35
20, 45, 50	Найбільший переріз а х в		55x55	270x270	330x330
	Найбільший діаметр		62	300	370
	Найменша висота		8	20	35

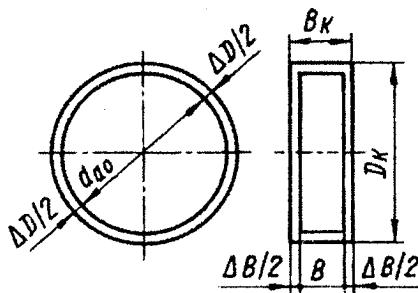
Гаряче штампування використовується при виготовленні заготовок дискових фрез тристоронніх, одно- і двокутових модульних фрез, довбачів, державок різців, круглих плашок та інших інструментів.

Гаряче штампування, як правило, виконується безоблойним методом, при якому штамп має вигляд замкнутої порожнини, що відповідає за формою готовому виробу з врахуванням припуску на обробку.

Для одержання заготовок зі складним профілем і з великими перепадами по площах поперечного перерізу гаряче штампування проводять в багатоструменевих штампах. При цьому закритим виконується останній формуючий струмінь.

Таблиця 2.6

Припуски на повну обробку виробів, що виготовляються з поковок, і допуски на кутання заготовок, мм



Діаметр виробу	ΔD	ΔB
До 125	6 ± 12	5 ± 1
Понад 125 до 160	7 ± 2	5 ± 1
Понад 160 до 200	8 ± 2	6 ± 1
Понад 200 до 250	10 ± 2	7 ± 1

Довжину L заготовки під штампування визначають з умови рівності об'ємів відрізаної V_z і штампованої $V_{ш}$ заготовок. Об'єм штампованої заготовки визначають з врахуванням припусків, допусків та відхилень при штампуванні заготовки. При розрахунку об'єму штампування необхідно до мінімальних розмірів її додати половину додатного допуску. Враховуються також втрати на відпал δ_y , який при нагріванні в газовій печі буде дорівнювати 2 %, а при індукційному нагріванні – 1 %.

Таким чином, довжину заготовки, що відрізається можна визначити з рівняння:

$$V_z = V_{ш} \left(\frac{100 + \delta_y}{100} \right).$$

Для заготовки круглого перерізу:

$$V_3 = \frac{\Pi d^2}{4} \cdot L.$$

Тому:

$$V_3 = \frac{\Pi d^2}{4} \cdot L = V_{\text{ш}} \left(\frac{100 + \delta_y}{100} \right),$$

звідки:

$$L = \frac{4V_{\text{ш}}(100 + \delta_y)}{\Pi d^2 \cdot 100}.$$

При виборі діаметра вихідної заготовки необхідно врахувати, що для нормального ходу процесу штампування довжина заготовки не повинна перевищувати $(2,5-3)d$.

Технологічний процес штампування, наприклад, заготовок зуборізальних дискових довбачів складається з наступних операцій:

1. Нагрівання під штампування. Нагрівання відбувається в печі безокислювального нагрівання. Заготовки завантажуються в піч з температурою 800–900 °С і витримуються при цій температурі протягом 20–25 хв. Потім температура в печі піднімається до 1100–1150 °С, при якій заготовки витримують 30–40 хв.

2. Штампування. Штампування відбувається на кривошипному пресі в такій послідовності:

- а) осадження заготовки методом вільного кування на плоских бойках;
- б) штампування в закритому штампі;
- в) прошивання отвору.

Після штампування заготовки охолоджуються в ємностях, підігрітих до 500–600 °С, а після цього – відпалюються.

2.6. Лиття заготовок різального інструмента

Литі заготовки використовуються при виробництві головним чином кінцевого інструмента діаметром понад 50 мм.

До найбільш важливої техніко-економічної переваги лиття заготовок інструмента перед виготовленням їх методом кування і з прокату є економія швидкорізальної сталі. В інструментальному виробництві використовується лиття по моделях, що виплавляються, і в оболонкові форми.

Відливання інструмента по моделях, що виплавляються. В металевій пресформі відливається з легкоплавкої суміші, яка складається з 50 % парафіну і 50 % стеарину, модель інструмента. Після затвердіння легкоплавкої маси пресформа розбирається, і з неї виймають модель. Моделі збираються в модельні комплекти і покриваються вогнестійкою сумішшю, що складається з маршаліту і гідролізного етилового ефіру, ортокремневої кислоти (етилсилікату) або маршаліту і рідкого скла, обробленого соляною кислотою. Потім поверхня посипається кварцевим піском. Після нанесення декількох шарів вогнестійкого покриття комплекти моделей просушують і виплавляють легкоплавку суміш. Форму, що отримали таким чином, просушують в шафах при температурі 180–200 °С протягом чотирьох годин і прогартовують при температурі 800 °С протягом двох годин. Прогартовані форми встановлюють в опоках. Проміжки між формою та опокою заповнюються наповнювачем. Потім відбувається заливання металом, а після охолодження – вибивання, відрізання литників і очищення заготовок. Форма при цьому руйнується.

Методом лиття по моделях, що виплавляються, можливе отримання заготовок інструмента будь-якої конфігурації з мінімальними припусками на механічну обробку і малою шорсткістю поверхонь. Методом лиття по моделях, що виплавляються, відливається інструмент вагою від 10 г до 150–300 кг. При відливанні дрібних інструментів припуск на обробку не перевищує 0,5 мм, а при відливанні складних інструментів великих габаритів він складає 2,5–3 мм. Після відливання заготовки інстру-

мента із швидкорізальної сталі мають твердість близько 60 од. HRC_e, а після триразового відпуску при температурі 560 °С – 62–63 од. HRC_e.

Відливання інструменту в оболонкові форми. Суть цього методу полягає в наступному. Попередньо підігріті до 229–270 °С моделі, встановлені на металевій плиті моделювання, покриваються сумішшю, яка складається з 90–92 % кварцового піску і 10–8 % терморективної смоли (пильвербакелиту). Під дією тепла терморективна смола плавиться і міцно скріплює зерна піску, утворюючи оболонку. Товщина шару оболонки, що затвердів, залежить від температури та часу витримки. Час формування оболонки коливається в межах від 10 до 30 с. Зайву формувальну суміш видаляють, а оболонку додатково просушують при температурі 300–350 °С протягом декількох хвилин.

Готова оболонка, яка має вигляд напівформи, знімається з моделі за допомогою спеціальних товчачів або рами і складається з іншою формою.

При дрібних відливках метал заливається безпосередньо в форму, а при великих відливках оболонки перед заливанням встановлюються в контейнер і посипаються наповнювачем.

Вихідними матеріалами для виготовлення литого інструменту з швидкорізальної сталі є:

лом інструмента, обрізки сталі – 80–85 %;

стружка швидкорізальної сталі – 20–15 %.

В шихту необхідно вводити відповідні феросплави не більше 1–2 % від ваги шихти. При виготовленні литого інструменту дозволяється використовувати інструментальні сталі зі збільшеним вмістом вуглецю і значними добавками бору, титану та азоту, що збільшує різальну здатність інструмента.

2.7. Виготовлення заготовок інструмента методом гідропресування

Виготовлення заготовок інструмента методом гідропресування полягає у витискуванні металу рідиною високого тиску через матрицю. Один з пристроїв для гідропресування заготовок

інструмента показано на рис. 2.2. Конічний кінець заготовки 8 щільно вставляється в конус матриці 3. В порожнину камери заливається робоча рідина. При русі повзуна преса вниз шток 2 стискає робочу рідину, яка давить всесторонньо на заготовку. Осьовий тиск рідини на торець заготовки при досягненні визначеної величини продавлює заготовку через порожнину фасонної або циліндричної матриці 3. Тонкий шар рідини, який появляється в зоні деформації між матрицею та заготовкою, посилює ефект всебічного стиснення. При цьому процес відбувається в режимі, який наближається до рідинного тертя, що значно (на 30–40 %) зменшує зусилля в порівнянні з пресуванням жорстким пуансоном.

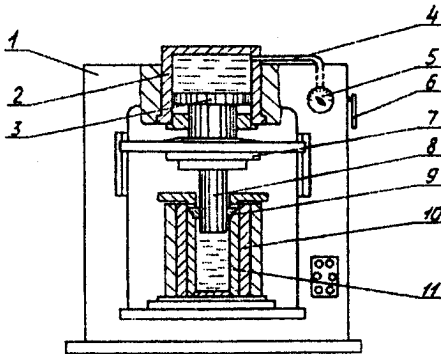


Рис. 2.2. Обладнання для гідропресування заготовок

Вихідним матеріалом для гідростатичного пресування заготовок інструмента використовують гарячекатані відпалені прутки інструментальної сталі. Після контролю твердості та величини бала карбідної неоднорідності прутки розрізають на заготовки необхідної довжини. На одному кінці кожної заготовки проточують вхідний конус по профілю конусної частини матриці. Для підвищення пластичності заготовки з швидкорізальної сталі піддають карбідному відпуску за режимом: нагрівання до 730–770 °С, витримка протягом однієї години і охолодження в маслі.

Після цього заготовки очищають від окалини дробоструминною обробкою, галтуванням в барабані, травленням в кислотах (азотній, фосфорній та ін.) або струменевим травленням.

Для зменшення контактного тертя протягом гідростатичного пресування заготовки після знежирення фосфатують, найчастіше у розчині фосфату цинку у вільній фосфорній кислоті, промилюють і сушать.

Рекомендується на фосфатовану поверхню перед промилюванням наносити шар дисульфиду молібдену. При пресуванні заготовок з високим опором до деформування та великим ступенем деформації для зменшення контактного тертя раціонально поверхні заготовок проміднювати.

Методом гідропресування можна отримувати заготовки циліндричної форми, а також профільні заготовки робочих частин кінцевих фрез, свердел, розверток, зенкерів та іншого кінцевого різального інструмента.

Як робочі рідини використовують мінеральні та вакуумні масла, а також суміш гліцерину з етиленгліколемом (1:1). Ці рідини при тиску до $2 \cdot 10^3$ МПа змінюють свій об'єм на 10–20 %, що повинно бути враховано при визначенні мінімальної товщини шару рідини, що заливається поверх торця заготовки.

Шорсткість поверхні після гідропресування знаходиться у межах від $R_a = 1,6$ до $R_a = 0,63$ мкм.

Відхилення розмірів поперечного перерізу заготовок від розмірів матриці за рахунок її пружних деформацій не перевищує 0,02–0,03 мм у бік збільшення, тому заготовки робочих частин інструмента виготовляють з припуском тільки під заточку і механічну обробку торців. Продуктивність процесу при ручному завантаженні складає 30–40 штук заготовок на годину.

При формуванні заготовок інструмента методом гідропресування забезпечується економія інструментальних сталей, зменшується карбідна неоднорідність на 1–2 бали, після загартування інструмента спостерігається більш дрібне і однорідне за розмірами зерно у порівнянні з металом у вихідному стані, стійкість інструмента збільшується на 60–70 %.

2.8. Зварювання заготовок складових інструментів

Основні способи зварювання, які використовуються у виробництві, наступні: зварювання в стик, зварювання тертям і дифузійне зварювання у вакуумі.

Зварювання в стик використовується для змикання робочої частини інструмента із швидкорізальної сталі з хвостовою, виготовленою з конструкційної сталі, діаметром понад 5 мм. В інструментальному виробництві в основу процесу покладено один з різновидів зварювання в стик – зварювання плавленням з попереднім підігріванням. Воно полягає в тому, що зварювальні заготовки після встановлення в затискному механізмі розігрівають струмом за допомогою швидкого і короткого змикань до зварювальної температури. Середня тривалість змикання 0,5–0,75 с, а розмикання – 0,5 с. Кількість змикань та розмикань дорівнює 8–12. Після підігрівання при повільному наближенні торців відбувається їх плавлення. Потім швидко проводять осаджування. Метод відрізняється високою продуктивністю при хорошій якості зварювання та допускає змикання практично будь-яких марок швидкорізальних і вуглецевих сталей. Переріз зварювальних заготовок береться однаковим (рис. 2.3), щоб уникнути отримання ексцентриситету при зварюванні. Різниця в діаметрах зварювальних заготовок допускається не вище 0,5 мм. У випадку зварювання заготовок різних діаметрів на заготовці великого діаметра робиться шийка, діаметр якої дорівнює діаметру меншої заготовки (рис. 2.3, б). У випадку зварювання площинних заготовок різних перерізів на заготовці великого перерізу фрезерується виступ з метою вирівнювання площ стику заготовок.

Внаслідок різної теплопровідності швидкорізальної та вуглецевої сталей для забезпечення рівномірного нагрівання величина вильоту кінців зварювальних заготовок із затискачів машини встановлюється різною. При цьому виліт для заготовок із швидкорізальної сталі рекомендується встановлювати не менше 10 мм. При меншій величині вильоту можливе підгартування зварювального шва внаслідок інтенсивного відведення тепла в мідні затискачі машини.

Заготовки перед зварюванням для кращого контакту зварювальних поверхонь одна з одною і з затискачами устаткування вичищають від окалини, бруду і масла. Вичищення проводять дробоструменевою обробкою або в галтувальних барабанах абразивним зерном. Відхилення від перпендикулярності торців заготовок може досягати 1,5 мм. Стикове зварювання проводять на електрозварювальних машинах, їх потужність і тип вибирається за табл. 2.7 в залежності від діаметра або перерізу заготовок.

Таблиця 2.7

Технічні характеристики машин для зварювання в стик

Параметри	Модель машини						
	з ручним приводом подачі			з механізованим приводом подачі			
	МСП-25	МС-1202	МС-1602	МС-50-1	МС-2008	СА-2 СИ-111	СИ-086
Розмір зварювальних заготовок переріз, мм ² довжина, мм	120–300	650	1400	600	2000	2850	800
Номінальна потужність трансформатора, кВт	25	55	96,5	50	150	150	100
Найбільше зусилля осадки, Н	20000	32000	50000	30000	65000	145000	54000
Продуктивність зварювання, год	110	100	60	180	80	55	80
Габаритні розміри:							
довжина	880	775	775	2060	2000	1810	1720
ширина	1200	1500	1500	750	1580	1160	1300
висота	1270	1700	1700	1050	1300	1570	1300

Режими зварювання заготовок швидкорізальної сталі зі сталлю 45 наведені в табл. 2.8.

Після зварювання заготовки терміново складають в баран шахтної печі, в якій підтримується температура 680–750 °С.

Таблиця 2.8

Режими зварювання в стик заготовок із сталей P18 і P6M5 зі сталлю 45

Діа метр заготовки, мм	Виліт заготовки, мм для сталі марок		Припуск на зварювання, мм для сталі марок			Розподілення припуску, мм			Напруга на вторинній обмотці трансформатора при холостому ході, В	Час підігрівання, с	Тиск осадження, МПа
	P18, P6M5	45	P18, P6M5	45	загальний	при підігріванні та оплавленні	при осадженні				
							під струмом	без струму			
До 20	14	22	4	1,5	5,5	3,5	0,5	1,5	4-4,5	4-5	1,5
20-25	16	24	5	2	7	4,5	1	1,5	4-4,5	5-6	1,7
26-29	17	26	5	2	7	4,5	1	1,5	4-4,5	6-7	1,9
30-32	19	28	5	2	7	4,5	1	1,5	5-5,5	7-8	2,0
33-35	20	30	5	2	7	4,5	1	1,5	5-5,5	8-9	2,2
36-8	22	34	5	3	8	5	1	2	5,5-6	8-10	2,4
39-42	24	38	5	3	5	1	2	2	5,5-6	10-12	2,5
43-45	25	40	5	3	8	5	1	2	6-6,5	13-17	2,8
46-48	26	42	5	4	9	5,5	1,5	2	6-6,5	17-20	3,3
49-52	28	46	6	4	10	6	1,5	2,5	6,5-7	22-25	3,5
53-56	30	48	6	4	10	6	1,5	2,5	6,5-7	25-30	4,2
57-60	32	50	6	5	11	7	1,5	2,5	6,5-7	30-35	5,0

В барабані температури холодних і нагрітих ділянок зварених заготовок вирівнюються, що запобігає виникненню зварювальних тріщин.

Потім барабан переносять у відпалювальну електричну піч, де при температурі 730–740 °С заготовки піддаються ізотермічному відпалу. Витримка в печі 6 годин, охолодження печі і заготовок відбувається разом.

Після відпалу вибірково перевіряють твердість заготовок на приладі Бринеля (твердість на відстані 2–5 мм від зварювального шва повинна бути в межах HRC 255–207), контролюють рівень знеуглецювання та структуру.

У зварювальному шві не повинно бути раковин, які є наслідком недостатньої чистоти торців і малої величини осадки в процесі зварювання.

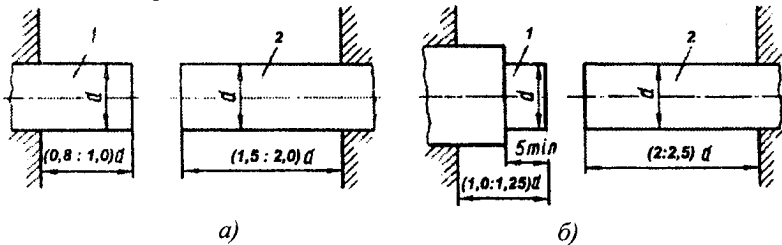


Рис. 2.3. Переріз зварюваних заготовок

Зварювання тертям полягає в тому, що заготовки 1 і 2 розташовуються співвісно і зусиллям P попередньо притискаються одна до другої. Заготовці 2 передається обертовий рух навколо спільної осі. При цьому в зоні стику протягом дії сили тертя виділяється тепло, за рахунок якого відбувається інтенсивне нагрівання торців. Після досягнення необхідної для зварювання температури обертання заготовки 2 швидко зупиняється, а прикладення додаткового зусилля осадки сприяє отриманню міцного зварювального змикання.

Зварювання тертям має ряд переваг у порівнянні з електростиковим зварюванням: більш висока продуктивність, менші витрати електроенергії, менші припуски на зварювання заготовок інструмента. До недоліків методу необхідно віднести мож-

лівість його використання тільки для зварювання круглих заготовок, що обмежує область використання даного методу.

Зварювання тертям проводять на спеціальних зварювальних машинах, їх модель вибирається за табл. 2.9 в залежності від розмірів зварюваної заготовки.

Таблиця 2.9

Технічні характеристики машин для зварювання тертям

Параметри	Модель машини						
	МФ-346	МФ-327	МФ-341	МСТ-23-2	МСТ-35-3	МСТ-41-3	МСТ-51-2
Розмір зварювальної заготовки, мм	6-15	10-22	16-35	10-25	16-32	22-40	32-60
Діаметр, довжина обертової заготовки	45	32-200	60-330	45-600	50-500	60-980	65-1200
Довжина нерухомої заготовки	45	32-200	70-340	50	60	75	80
Частота обертання, об/хв	2000	1500	1000	-	-	-	-
Осьове зусилля, Н: при підігріванні при осадженні	15000	50000	300000	25000	1000000	2000000	4000000
	30000	50000	300000	50000	1000000	2000000	4000000
Потужність, кВт	4	10	20	10	20	40	75

Для зварювання тертям використовують також універсальні машини моделей: МСТ-23-2; МСТ-35-3, МСТ-41-3; МСТ-41-3М; МСТ-51-2. Режими зварювання тертям наведені в табл. 2.10 і 2.11.

Таблиця 2.10

*Режими зварювання заготовки із сталі Р18, Р6М5
зі сталлю 45, 40Х*

Діаметр зварювального торця заготовки, мм	Площа зварювального перерізу, мм ²	Режим зварювання			Припуск на зварювання, мм	
		Тиск нагрівання, МПа	Час нагрівання, с	Тиск осадки, МПа	Загальний	Для сталі Р18
10	78,5	170-200	5,0-200	500-400	4,0-5,5	2,00-2,70
15	176,6	100-150	9,0-11,0	200-300	4,5-5,5	2,00-2,50
16	201,0	100-110	10,0-12,0	150-200	4,3-4,5	1,80-2,00
18	254,3	75-80	13,0-14,0	120-150	3,5-4,5	1,60-1,80
20	314	60-65	15,0-17,0	100-150	3,8-4,0	1,56-1,64
21	346,2	55-60	18,0-19,0	100-150	3,0-4,0	1,40-1,47
25	490,6	130-140	18,0-19,0	400-400	4,0-5,4	1,30-1,40
27	572,3	100-120	19,5-21,0	180-250	4,0-5,4	1,20-1,35
32	803,8	80-100	22,5-24,0	150-200	3,3-4,0	1,10-1,30
35	962,0	75-85	24,5-26,0	150-200	3,0-3,7	1,00-1,20
40	1256,0	60-70	31,0-35,0	150-180	2,8-3,5	0,80-1,10

Таблиця 2.11

*Режими зварювання заготовок із сталі Р6М5
зі сталлю 45, 40Х*

Діаметр торця заготовки, мм	Площа зварювального перерізу, мм ²	Режим зварювання			Припуск на зварювання, мм	
		Тиск нагрівання, МПа	Час нагрівання, с	Тиск осадки, МПа	Загальний	Для сталі Р6М5
10	78,5	210-230	4,5-5,0	300-460	5,0-5,5	2,0-2,6
12	113,0	155-165	7,0-8,0	200-320	5,3-5,5	2,4-2,5
14	158,0	120-130	9,0-10,0	150-260	4,8-5,2	2,2-2,4
16	201,0	90-100	15,0-17,0	120-200	4,8-5,0	2,2-2,3
18	254,3	70-80	15,5-16,5	100-160	4,5-4,7	2,0-2,2
20	314,0	760-70	18,5-19,5	80-140	4,4-4,6	2,0-2,1
21	380,0	50-60	22,0-24,0	60-120	4,0-4,5	1,8-2,0
22	380,0	165-175	21,0-23,0	250-350	4,3-4,6	1,5-2,0
25	490,6	130-140	25,0-27,0	150-250	4,2-4,4	1,5-1,6
30	706,0	90-110	33,0-35,0	120-200	3,9-4,1	1,4-1,5
32	803,8	80-100	36,0-38,0	100-150	3,7-4,0	1,5-1,6
35	962,0	65-75	37-75	37,0-39,0	100-150	1,3-1,5
40	1256,0	50-60	44,0-46,0	80-120	3,2-3,4	1,0-1,5

Відхилення від площинності торців зварюваних заготовок не повинно перевищувати 0,5 мм кривизни осі заготовок – не більше 1 мм на 250 мм довжини, допуск на довжину заготовок

встановлюють не більше 0,5 мм, а овальність заготовок не повинна перевищувати 0,6 величини допуску на діаметр.

Довжини заготовок робочої та хвостової частин складеного інструмента під зварювання може бути розрахована за формулою:

$$L_p = l_p + a + c; \quad L_x = l_x + b c,$$

де L_p, L_x – довжини заготовок відповідно робочої та хвостової частин інструмента, мм;

l_p, l_x – довжини відповідно робочої і хвостової частин інструмента, мм;

a, b – припуски на зварювання заготовок відповідно робочої та хвостової частин інструмента, мм;

c – припуск на механічну обробку торця, мм.

Дифузійне зварювання характерне тим, що процес зварювання відбувається у вакуумі або в захисному середовищі при температурах і тиску, що забезпечують взаємну дифузію атомів з'єднувальних матеріалів у твердій фазі. Цей вид зварювання дозволяє поєднувати матеріали з різним ступенем взаємного змочування, в тому числі швидкорізальні сталі та тверді сплави з вуглецевими і легованими сталями.

За джерелами і способами нагрівання установки для дифузійного зварювання поділяються на наступні групи: з індукційним, радіаційним, контактним, електроструменевим нагріванням, нагріванням в жевріючому розряді, нагріванням лазером тощо. Найбільшого використання як джерела тиску отримали гідравлічні та пневматичні системи. В ряді випадків устаткування обладнанні пристроєм ультразвукових або електромагнітних коливань заготовок, що з'єднуються.

Для здійснення дифузійного зварювання заготовки після ретельної підготовки з'єднуваних поверхонь поміщають в камеру установки, в якій забезпечується вакуум заданого ступеня розрідження. Після нагрівання деталей до температури, що дорівнює 0,5–0,7 температури плавлення зварювального матеріалу з більш низькою температурою плавлення, до зварюваних заготовок протягом певного часу прикладають тиск, який приблизно дорівнює межі текучості менш міцного із зварюваних

матеріалів при температурі процесу. Звичайно час ізотермічної витримки, наприклад, для конструкційних сталей і твердих сплавів групи ВК, складає 10–15 хв.

Після зварювання деталі охолоджують в камері або на повітрі в залежності від властивостей поєднуваних матеріалів.

Перед іншими методами змикання заготовок інструментів дифузійне зварювання має ряд переваг: відсутність окалини та оплавлення, стабільність фізико-механічних властивостей з'єднуваних матеріалів, висока міцність та надійність змикання тощо.

Проте необхідність ретельної підготовки поверхонь з'єднуваних заготовок знижує продуктивність процесу, а відсутність спеціального високопродуктивного обладнання стримує використання методу дифузійного зварювання у виробництві складеного різального інструменту.

2.9. Напаювання пластин твердого сплаву і мінералокераміки

Напаювання є основним технологічним способом достатньо надійного кріплення твердого сплаву при оснащенні ним різального інструмента. Це обумовлено простотою технологічного процесу і його високою продуктивністю. Напаюванням поєднують пластини з корпусом інструмента, використовуючи більш легкоплавкий присаджувальний матеріал – припій. З'єднувальні частини кріпляться одна до одної внаслідок змочування, взаємного розчинення і дифузії припою та основного металу в зоні шва.

В табл. 2.12 наведені властивості припоїв, які часто використовуються для напаювання твердосплавного інструменту.

Використання міді та латуні як припою при напаюванні забезпечує необхідну міцність змикання напаювання тільки за умови роботи інструмента при малих навантаженнях і невисокій (до 300 °С) температурі нагрівання змикання напаювання.

Для підвищення міцності з'єднань напаювання використовують більш складні за складом припої, що забезпечують добру роботу інструмента в умовах підвищених навантажень і при температурі 400–600 °С.

Таблиця 2.12

Хімічний склад, температура плавлення та механічні властивості припоїв для спаювання твердих сплавів

Марка припою	Хімічний склад, %										Температура плавлення, °С	Межа міцності при розтягуванні, МПа
	Ci	Ni	Mn	Si	Fe	Fl	B	Zn	Co	Домішки не більше		
ЛМцЖ 57-1,5-0,75	56-58	-	2	0,1-0,2	0,5-1,0	-	0,0-0,15	зал.	-	0,5	865-873	60
ПВрКоМц 87-3-10	87	-	10	-	-	-	-	-	3	-	1024	430
ЛНМц 69-9-5	59-61	8-10	4-6	-	-	-	0,05	зал.	-	0,5	949-995	350
ЛНМц 68-4-2	62-68	4-5	1,5-2	-	-	-	-	зал.	-	0,5	910-930	260-270
ЛНМц 0,6-4-2	зал.	3-4	1,5-2,5	-	-	0,4-0,6	-	-	-	0,5	1020-1051	210-220
Л62	60,5-63,5	-	-	-	-	-	-	зал.	-	0,5	898-905	260-280
Мідь електротехнічна	99,95	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	1083	160-180

Для різального інструмента, який працює у важких умовах, рекомендуються припої ПрАНМц 06-4-2 і ЛНМц 60-9-5, для роботи з високим нагріванням різальної кромки інструмента – ПБрКомМц 87-3-10, для звичайних умов роботи – ПрМНМЦ 68-4-2, для сплавів групи ТК – ЛМцЖ 57-1,5-0,75. Припій використовують у вигляді стрічки товщиною 0,4–0,6 мм, дроту діаметром 0,8–0,1 мм, а також у вигляді порошку. Норма витрат припою – 0,35–0,40 г на 1 см² площі напаявання.

Основним призначенням флюсу є зв'язування окислів припою та матеріалів, що спаюються, та перехід їх в легкоплавкі змикання.

В табл. 2.13 наведені хімічний склад і температура плавлення флюсів, які рекомендуються для напаявання твердосплавного інструменту.

Для напаявання однолезового інструмента доцільно використовувати високоміцний припій ПФ-100 у вигляді таблеток з температурою плавлення 850–900 °С, до складу якого входить 35 % латунної лігатури, 35 % порошку міді, 10 % порошку хромисто-нікелевої сталі і 20 % флюсу Ф100.

Для напаявання всіх видів різального інструмента ефективним є використання флюсів підвищеної активності марок Ф100 і Ф100А. При виготовленні напаяного твердосплавного інструменту використовуються різні способи нагрівання: газовим пальником, в очкових полумєневих печах і в печах з відновновплавальним газовим середовищем, зануренням в соляні ванни і ванни з розплавленим припоєм або флюсом на контактних зварювальних машинах і на високочастотних установках. Найбільше використання знайшло напаявання твердосплавного інструмента на високочастотних установках. Для збудження вихрових індукційних струмів в паяному інструменті використовуються спеціальні мідні індуктори (рис. 2.4).

Зазор між індуктором та інструментом, що паяється, вибирається у межах 8–15 мм. Індуктори для напаявання виготовляють петльовими, ділянки якого повинні проходити вздовж площини напаявання. При напаяванні індуктор повинен нагрівати зовнішні поверхні сталі та твердого сплаву зі швидкістю, що дорівнює швидкості передачі тепла у внутрішні шари цих матеріалів.

Таблиця 2.13

Флюси для напаявання твердосплавного інструмента

Марка-флюсу	Хімічний склад флюсу										Форма використання	Основна область використання
	Окис кобальту	Окис вольфраму	Зневоднена бура	Борфторид калію	Борний ангідрид	Фтористий натрій	Фтористий кальцій	Вольфрамат кобальту	Плавлення, °С	Інтервал активної дії		
Ф100	3,5	14	36,5	зал.	--	--	--	--	620-650	850-1100	1. В порошок з припоєм у вигляді стрічки. 2. В суміші з порошковим припоєм 1:4. 3. В суміші з переплавленою бурою 1:1	Сплави групи ТК
Ф100А	0,5-1,0	8-10	зал.	--	8-10	8-10	--	3-5	600-620	800-1050	Те ж	Те ж
Флюс ВНП	--	--	69-73,2	--	21-21,8	--	5-10	--	620	800-1100	1. В порошок. 2. В суміші з порошковим припоєм.	Сплави групи ВК і ТК
Бура	--	--	100	--	--	--	--	--	741	800-1100	1. В порошок. 2. В суміші з флюсом Ф100. 3. В суміші з порошковим припоєм.	Тверді сплави групи ВК
№ 200 (ПВ 200)	--	--	19-21	--	68-72	--	8-10	--	620-650	850-1150	1. В порошок. 2. В суміші з порошковими припоями. 3. У вигляді водяної пасти.	Сплави групи ВК і ТК
№ 201 (ПВ 200)									620-650	850-1150	1. В порошок. 2. В суміші з порошковими припоями. 3. У вигляді водяної пасти.	Сплави групи ВК і ТК
Ф86	Бориди		Фториди		Оксиди		--	--	600-620	800-1000	1. В порошок з припоєм у вигляді стрічки. 2. В суміші з порошковим припоєм 1:4 3. В суміші з бурою 1:1. 4. У вигляді пасти.	Сплави групи ВК і ТК

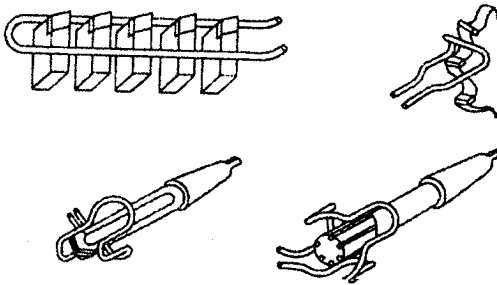


Рис. 2.4. Схеми індукторів для напаявання інструментів

При технологічному процесі напаявання інструмента відбуваються наступні операції: підготовка інструмента до напаявання; підготовка припою та флюсу до напаявання; складання інструмента (багатолезового) під напаявання; напаявання інструмента; контроль якості напаявання.

1. Підготовка інструменту до напаявання полягає в механічній обробці заготовки корпусу та очищенні його і твердосплавних пластин від окислів і забруднення.

Заготовку піддають механічній обробці для надання їй необхідної форми та отримання паза під пластин твердого сплаву. Шорсткість поверхні паза повинна бути в межах R_{z40} – R_{z20} . Зазор між пластиною та стінками паза повинен бути в межах 0,07–0,015 мм для затікання припою. Пластина твердого сплаву повинна виступати за габарити паза на 0,5–0,8 мм. Відхилення від прямолінійності опорних поверхонь та стінок паза повинно бути не більше 0,05 мм. У гніздах державок недопустимі необхідної масла, емульсії, іржі та іншого забруднення. Іржу і окалину видаляють з паза корпусу механічною обробкою, а жирові забруднення – промиванням у 5–15%-ому розчині каустичної соди (температура 80–90 °С) протягом 10–15 хв, а потім в гарячій воді з подальшим просушуванням в потоці гарячого повітря.

Пластини твердого сплаву, що дуже жолобляться, піддають шліфуванню. Окалину та окиснену плівку видаляють з пластин твердого сплаву очищенням в галтувальному барабані або дробоструменевою обробкою. Об'єм галтувального бара-

бана заповнюється на 2/3. В барабан на дві вагові частини твердосплавних пластин засипається одна вагова частина піску або дрібної абразивної кришки. Час галтування твердого сплаву в барабанні складає 1,5–2,0 години для твердого сплаву групи АК і 2–3 години для твердого сплаву групи ТК. Після знімання шару окислення твердосплавні пластини промивають в гарячій воді та просушують в потоці гарячого повітря.

При підготовці до напаявання суцільних твердосплавних інструментів зі сталевими хвостовиками необхідно особливу увагу звернути на забезпечення їх співвісності.

Типи стикових припаяних з'єднань такого інструмента показані на рис. 2.5.

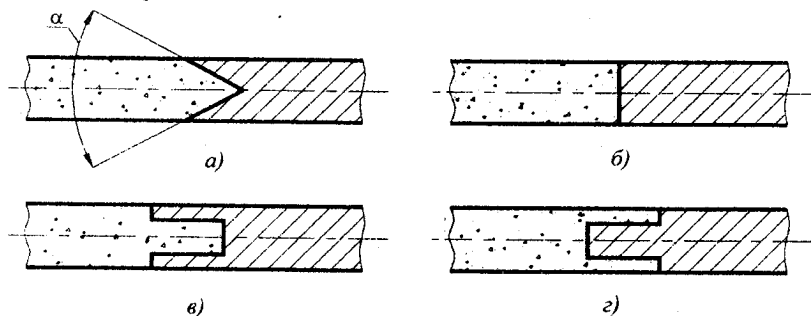


Рис. 2.5. Типи з'єднань напаявання в стик

Кут конуса α , виходячи з технологічності виготовлення інструмента, приймають рівним 60° або 90° . Конус на твердому сплаві утворюється шліфуванням, а на хвостовику – свердлуванням.

При виготовленні інструмента з телескопічним напаяним змиканням необхідно дотримуватись визначених зазорів в з'єднанні напаявання. При виконанні отвору в хвостовику зазор у з'єднанні повинен бути рівним 0,05–0,1 мм, а при виконанні отвору в робочій частині зазор, щоб уникнути утворення тріщин в твердому сплаві, збільшується до 0,15–0,2 мм.

2. Підготовка припою та флюсу до напаявання. Припій у вигляді фольги або стрічки в залежності від площі напаяного змикання розрізають на куски, величина яких визначається

нормою витрат припою (0,35–0,40 г на 1 см² поверхні напаювання).

Порошок флюсу готують таким чином. Технічну буру, борний ангідрид або перемішані складові флюсу засипають в тиглі з нержавіючої сталі та розплавляють в електричній печі при температурі 850–900 °С. Ознакою готовності розплаву є повне призупинення виділення бульбашок пари. Готовий розплав виливають на піддон з нержавіючої сталі та охолоджують на повітрі до кімнатної температури. Потім флюс подрібнюють та розмелюють в кулькових або вібраційних млинах.

Використання припою у вигляді таблеток підвищує продуктивність процесу напаювання в 1,7–2 рази і полегшує автоматизацію напаювання інструмента.

Для виготовлення таблеток зливки припою перетворюють в дрібну стружку на верстаті спеціальною фрезою. Стружку перемелюють в кульковому млині та просіюють через сито. 4–5 вагових частин стружки припою та 1 вагову частину порошку флюсу перемішують і подрібнюють в кулькових або вібраційних млинах протягом 2–2,5 годин. Пресують таблетки на спеціальних пресах-автоматах. Для підвищення механічної міцності таблетки прожарюють в печі при температурі 500–800 °С протягом 10 хвилин.

3. Складання багатолезового інструмента під напаювання.

На відміну від різців і однолезового інструмента при напаюванні багатолезового інструмента виконується складання та попереднє закріплення пластин твердого сплаву в корпусі інструмента.

Попереднє закріплення пластин здійснюється за допомогою штифтів, клинів, технологічної стінки, кернуванням або обв'язуванням азбестовим шнуром (рис. 2.6).

Надійним способом закріплення пластин твердого сплаву є використання технологічних штифтів. Їх виготовляють з легированих хромистих сталей і окислюють на повітрі при 900–950 °С. Шар окислів хрому перешкоджає припаюванню штифтів при напаюванні пластин. При установці твердосплавних пластин в закритий паз їх закріплюють кернуванням або чеканкою. Використання для попереднього закріплення пластин твердого спла-

ву технологічної стінки, що видаляється після напаявання, ускладнює процес виготовлення інструмента.

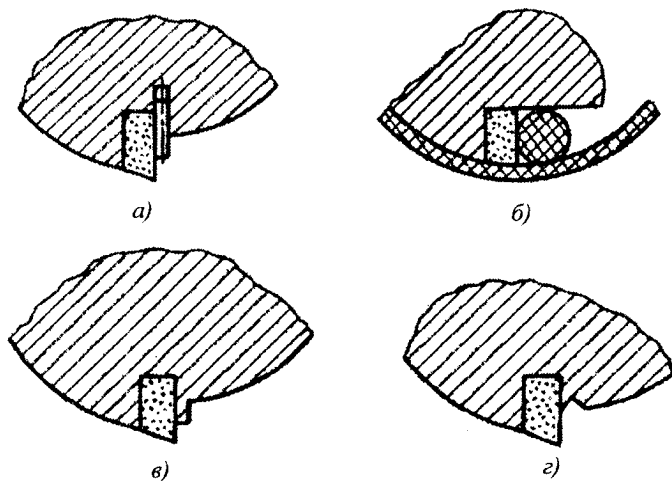


Рис. 2.6. Схеми закріплення пластин при напаянні

Метод обв'язування азбестовим шнуром використовується в поєднанні з тонкою (до 0,5 мм) технологічною стінкою або графітовим штифтом. Кріплення штифтом з обв'язуванням азбестовим шнуром просте і надійне.

4. Напаявання інструмента.

Напаявання різців і ножів у складеному інструменті проводять наступним чином.

В гніздо напаяваного інструмента насипають флюс, вкладають припій, встановлюють пластину твердого сплаву і зверху посипають флюсом. У випадку використання таблеткового припою таблетка припою вкладається на твердосплавну пластину. Нагрівання різців розпочинають з корпусу інструмента. Після його нагрівання до 700–800 °С головку з пластиною твердого сплаву переміщують в більш інтенсивну зону нагрівання. Швидкість нагрівання при напаяванні пластин товщиною до 5 мм із сплавів групи ВК не повинна перевищувати 80–100 °С/с, із

сплавів групи ТК – 40–50 °С/с, а з безвольфрамових твердих сплавів – 15–25 °С/с. При товщині пластин твердого сплаву 5–7 мм швидкість нагрівання зменшують в 1,5 рази, а при товщині пластин 7–12 мм – приблизно 3 рази. При більш високих швидкостях нагрівання зовнішні частини пластин твердого сплаву і корпусу інструмента перегріваються до початку розплавлення припою.

Час нагрівання для напаявання одного леза інструмента складає:

$$T_H = 1,5 \cdot \frac{Q}{W},$$

де Q – температура плавлення припою, °С;

W – допустима швидкість нагрівання, °С/с.

Температура кінцевого нагрівання визначається за розплавом припою та по заповненню напаяного шва.

Протягом стікання припою пластину переміщують вздовж паза в обидві сторони, а потім притискають до корпусу. Це сприяє кращому змочуванню припоєм всієї поверхні змикання і усуненню з нього залишків флюсу, шлаку і газових домішок. При гартуванні різців і ножів складеного інструмента, коли необхідно загартовувати весь корпус різця, його додатково підігрівають в індукторі до температури гартування сталі. Після охолодження інструмента до температури 850–860 °С охолодження корпусу інструмента, виготовленого із сталі 40Х, 9ХС, 35ХНСАі або У8А, відбувається в маслі, підігрітому до 150–200 °С. При виготовленні корпусу інструмента із сталі 45 гартування проводять у воді, занурюючи корпус так, щоб вода не торкалась пластини твердого сплаву. Після напаявання і гартування проводиться релаксаційний відпуск при температурі 220–240 °С протягом 4–8 годин. Після гартування та відпуску твердість інструмента повинна бути в межах 35–40 HRC.

Технологія напаявання керамічних пластин в основному подібна до технології напаявання твердосплавних пластин. У зв'язку з тим, що припій не дифундує з поверхнею керамічних пластин, необхідної міцності змикання напаявання не досягається. Тому воно здійснюється за попередньо плакованою міддю (або латунню) поверхні пластин. Як припій при цьому

використовується найчастіше латунь, як флюс – зневоднена бура або суміш 50 % і 50 % борної кислоти.

Напаювання інструмента, оснащеного синтетичними надтвердими матеріалами, виконується на установках індукційного нагрівання або у вакуумних печах. Полікристали надтвердих матеріалів перед напаюванням металізуються у вакуумних печах або методом хімічного нікелювання.

Інструменти, оснащені пластинами з безвольфрамових твердих сплавів, твердого сплаву Т30К4 і кераміки для запобігання утворення тріщин охолоджують до температури 350–400 °С на повітрі, а потім поміщають в піч, підігріту до температури 250–300 °С, і охолоджують з піччю.

Усунення окалини, напливів флюсу та припою проводиться методом дробоструминної обробки.

5. Контроль якості напаювання.

Контроль якості напаювання проводиться 100 % внутрішнім оглядом інструмента після напаювання та заточування.

Ознаками якісного напаювання інструмента є рівний, трішки ввігнутий безперервний валик припою вздовж всього напаяного шва, правильне положення пластин твердого сплаву в пазу корпусу, відсутність тріщин. Раковини, чорнота і розриви в напаяному шві допустимі не більше 5–10 % від загальної його протяжності.

Контроль на відсутність тріщин проводиться вибірково люмінесцентним методом або методом кольорової дефектоскопії.

2.10. Технологія склеювання інструментів

Змикання клеєм є найбільш універсальним методом кріплення, оскільки дозволяє з'єднувати елементи інструментів, виготовлених зі всіх відомих інструментальних і конструкційних матеріалів. Метод склеювання дозволяє значно збільшити діапазон розмірів і форми з'єднуваних елементів у порівнянні з іншими методами кріплення.

Марки клею, що використовуються в інструментальному виробництві, та їх фізико-механічні властивості наведені в табл. 2.14.

Таблиця 2.14
Клеї, що рекомендуються для склеювання інструментів

Марки і стан клею	Кількість компонувань	Життєздатність в готовому вигляді або строк зберігання	Режим затвердіння			Термостійкість, Т °С	Фізико-механічні властивості		Вико- рис- тання
			Температура, Т °С	Час витримки, год	Тиск Р, МПа		Межа міцності на зсув при стискан- ні, МПа	Ударна в'язкість при зсуві, кДж/м ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВК-9, паста	4	$\frac{1,54 + 20 \text{ }^\circ\text{C}}{244 - (-5 \text{ }^\circ\text{C})}$	20	24	кон- такт- ний	200	40	20	Про- тяжки, розто- чуваль- ні різці, абра- зивний і вимі- рюваль- ний інстру- мент
ТКЛ-75, паста	3	$\frac{44 + 20 \text{ }^\circ\text{C}}{7 \text{ дн.} - (-5 \text{ }^\circ\text{C})}$	20	48	кон- такт- ний	200	29	11-14	— “ —
ВК-31, плівка	1	$\frac{3 \text{ міс.} + 20 \text{ }^\circ\text{C}}{1 \text{ рік} - (-5 \text{ }^\circ\text{C})}$	170	1	0,05	150	62,9- 79,5	31,6- 41,7	Вели- когаба- ритний, в т.ч. багато- лезовий інстру- мент; алмазні хони, протаж- ки, чер- в'ячні фрези
БЕН 50, плівка	1	$\frac{1,5 \text{ р.} + 20 \text{ }^\circ\text{C}}{3 \text{ р.} - (+5 \text{ }^\circ\text{C})}$	180	4-6	0,05- 0,1	100	68	37	— “ —

Продовження табл. 2.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВК-36, півка	1	$\frac{3 \text{ міс.} + (20 \text{ }^\circ\text{C})}{1 \text{ рік} - (2 - 5 \text{ }^\circ\text{C})}$	170	1-2	0,05-0,1	150	65-73	34-45	- " -
"Інструмент-гол", паста	1	$\frac{1 \text{ рік} + 20 \text{ }^\circ\text{C}}{5 \text{ років} - (-5 \text{ }^\circ\text{C})}$	160	3	контактний	200	65	30	Розточувальні різці, розвертки, фрези, свердла, мігчики інструмент з композиту
УП-5-207, паста	1	$\frac{1 \text{ рік} + 20 \text{ }^\circ\text{C}}{3 \text{ роки} - (+5 \text{ }^\circ\text{C})}$	150	1	контактний	200	55-62,3	15-28	Розточувальні та підрізні різці, довбачі, кінцевий інструмент, протяжки
ТК-73, паста	2	$\frac{64 + 20 \text{ }^\circ\text{C}}{7 \text{ дн.} - (+5 \text{ }^\circ\text{C})}$	200	3	контактний	260	29-41	9,1	Свердла, розвертки, кінцеві фрези, інструмент з НТМ
ВК-20, паста	3	$\frac{44 + 20 \text{ }^\circ\text{C}}{24 \text{ дн.} - (+5 \text{ }^\circ\text{C})}$	150	3	0,03-0,15	400-700	17-21	15	Інструмент з синтетичного НТМ, різці, кінцевий інструмент

Закінчення табл. 2.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВК - 28, паста	2	1 міс. + 20 °С	150	1	кон- такт- ний	250	9,6- 17,8	2,3- 5,9	Кінце- вий інстру- мент, калібри
		24 міс. - (-5 °С)	200	2					

Технологічний процес склеювання інструментів складається з таких послідовних операцій: підготовка поверхонь, які належить скріплювати; підготовка клею; нанесення клею; суміщення та фіксація деталей, що склеюються; затвердіння склеєного шва; контроль якості склеювання.

Підготовка поверхні під склеювання проводиться в два етапи: спочатку виконується механічна обробка, а потім – знежирення поверхонь склеювання.

Механічна обробка може проводитись зачищенням наждачним папером, шліфуванням абразивними кругами, обробкою струменем або утворенням рифлень на поверхнях. Найбільш продуктивним методом є обробка струменем. При великих ділянках склеювання перед нею проводиться операція шліфування площин абразивними кругами.

Для підвищення адгезії тврдосплавних пластинок розроблений метод хімічного вибіркового травлення, що базується на різній розчинності карбідів вольфраму і титану в суміші концентрованих азотної та фтористоводневої кислот. Цей спосіб дозволяє підвищити міцність склеювання приблизно у 2,5 рази.

Шорсткість поверхонь склеювання сталевих деталей інструментів рекомендується у межах $R_z = 40-10$ мкм, тврдосплавних – від $R_z = 20-10$ мкм до $R_a = 2,5-1,85$ мкм.

Для знежирення поверхонь використовується етиловий спирт, бензин, ацетон, чотирихлористий вуглець, трихлоретилен або водні миючі розчини. З них найбільш безпечними, як за токсичністю, так і в протипожежному відношенні, є водні миючі розчини, особливо ефективні в поєднанні з ультразвуковою обробкою.

Приготування клею. Процес підготування пастоподібних багатокомпонентних клеїв полягає в підготовці порошкоподібного наповнювача, добуванні компонентів в смолу, змішуванні компонентів і вакуумування клею.

Порошкоподібні наповнювачі знежирюються промиванням в органічних розчинах протягом 2–3 годин і просушуються у витяжній шафі при кімнатній температурі, а потім в термошафі при температурі 200–400 °С протягом 3–6 годин.

Перемішування компонентів клею відбувається, як правило, в нагрітому стані при температурі 60–160 °С в залежності від марки смоли та виду затверджувача, який використовується. Для клеїв з життєздатністю менше однієї доби затверджувач вводиться безпосередньо перед використанням клею.

Вакуумування клею відбувається у вакуумних шафах при кінцевому тиску до 10 мм рт.ст. При цьому відбувається видалення бульбашок повітря, які утворилися при перемішуванні компонентів.

Нанесення клею. Метод нанесення клею залежить від його стану у готовому вигляді. Рідкі клеї наносяться пензлем або пневматичним розпорошувачем. Пастоподібні клеї можна наносити шпателем, шприцом або спеціальним дозатором. Плівкові клеї після розкрою по формі склеюваних деталей і вивільнення від протиадгезійної плівки прикатуються роликком до однієї із склеюваних поверхонь. Порошкоподібні клеї наносяться методом насипання з використанням дозуючих ємностей. Пруткові клеї викладаються на складні за формою та невеликі за площею поверхні.

При нанесенні пастоподібних клеїв з метою покращення змочування поверхні склеювання обдуваються підігрітим до 50–70 °С повітрям.

Перед нанесенням порошкоподібних і пруткових клеїв поверхні, що склеюються підігріваються до температури плавлення клею (100–130 °С).

Оптимальна товщина шва склеювання складає 0,05–0,15 мм (менше значення рекомендується для рідких клеїв, більше – для пастоподібних та інших клеїв).

Після нанесення на склеювані поверхні клею, який не містить розчинник, проводиться витримка на повітрі протягом 2–10 хв, а клею з розчинником – 20–30 хв.

Суміщення та фіксація деталей, що склеюються. Суміщення деталей, що склеюються, проводиться притиранням їх одної до другої до повного прилягання склеюваних поверхонь. Різальні елементи однолезових інструментів фіксуються притисканням до опорних поверхонь клейового з'єднання за допомогою струбцин, спеціальних пресів і пристроїв.

Твердосплавні різальні елементи кінцевих інструментів зі сталевим хвостовиком фіксуються за допомогою спеціальних втулок центрування, що забезпечують співвісність частин змикання інструмента. Різальні елементи багатлезових інструментів фіксуються хомутиками, липкою паперовою стрічкою, дротом, стягуючими пружинами з роликками підтискання або за допомогою спеціального пристосування.

При використанні автоклавного способу, розробленого у ВНД, відпадає необхідність у використанні будь-яких пристосувань, що забезпечують притискання елементів склеювання. Тиск на склеювані деталі створюється за рахунок нейтрального газу, що знаходиться в автоклаві при тиску 6–8 атм, наприклад, азоту.

Затвердіння клею. Режими затвердіння клеїв (температура, час, тиск) залежать від їх марки. При кімнатній температурі час, необхідний для утворення міцного змикання, складає 24–28 годин. При підвищених температурах в термошафах час витримки зменшується. Щоб запобігти виникненню в з'єднаннях склеювання значних внутрішніх напруг, нагрівання та охолодження повинні проводитися разом з термошафою. При масовому випуску інструмента перспективне використання індукційного нагрівання ТВЧ або методу склеювання без нагрівання за допомогою ультразвукових вібраторів. Під дією ультразвукових коливань деякі види клеїв полімеризуються протягом 3–5 с.

Тиск при затвердінні клеїв знаходиться в межах від 0,1 до 30 кгс/см² в залежності від клею. Епоксидним клеям не потрібний тиск при затвердінні.

Контроль якості склеювання здійснюється опосередкованим методом, при якому визначається міцність з'єднань склею-

вання зразків-свідків, склеєних одночасно з даною партією інструмента.

Забраковані клеєні інструменти у зв'язку з характеристиками міцності підлягають до розбирання, для чого їх нагрівають в термошафах, на установках ТВЧ або в полум'ї газової горілки до температури вище критичної температури нагрівання шва склеювання. Залишки клею на поверхнях інструмента видаляють обробкою струменем і проводиться повторне склеювання.

Працездатність склеєних різальних інструментів можна оцінити за опосередкованими параметрами, які характеризують температурні та силові навантаження на клейові з'єднання, що виникають при експлуатації інструментів.

Дані наведені для клейових з'єднань сталь 45 – твердий сплав Т15К6.

2.11. Методи отримання заготовок монолітного твердосплавного інструмента

Твердосплавні заготовки для оснащення різального інструмента виготовляються формуванням порошкоподібних сумішей карбідів (WC , NiC TaC та ін.) з кобальтом шляхом спікання. Використовується декілька основних способів виготовлення твердосплавних заготовок для різального інструмента: пресування в пресових формах з наступним кінцевим спіканням або з наступним пластифікуванням заготовок, механічною обробкою та кінцевим спіканням після неї, мундштуковим пресуванням з відгоном пластифікатора і кінцевим спіканням. В табл. 2.15 наведені основні форми і способи отримання твердосплавних заготовок для різального інструмента.

Пресування в пресових формах з наступним спіканням є найбільш розповсюдженим методом виготовлення заготовок твердого сплаву. Цим методом виготовляються всі типи пластин для оснащення різального інструмента, заготовки монолітних розточувальних різців, стрижні для виготовлення кінцевого різального інструменту методом вишліфовування профілю алмазними кругами тощо.

Таблиця 2.15

Форми і способи отримання суцільних твердосплавних заготовок для різального інструмента

	Найменування виробу	Спосіб отримання заготовки
1	Фрези дрібнозубі всіх видів	Пресування в прес-формах
2	Фрези дискові з великим зубом	Пресування в прес-формах
3	Фрези циліндричні з великим прямим зубом	1. Пресування в прес-формах 2. Механічна обробка пластифікованих заготовок
4	Фрези зі спіральним великим зубом	Механічна обробка пластифікованих заготовок
5	Фрези черв'ячні	Механічна обробка пластифікованих заготовок
6	Фрези кутові	Механічна обробка пластифікованих заготовок
7	Фрези фасонні	Механічна обробка пластифікованих заготовок
8	Фрези хвостові кутові	Механічна обробка пластифікованих заготовок
9	Свердла, розвертки, кінцеві фрези, що отримують методом вишліфовування канавок	1. Пресування в прес-формах 2. Пресування в мундштуках
10	Свердла, розвертки, кінцеві фрези	1. Пресування в мундштуках 2. Механічна обробка пластифікованих заготовок
11	Мітчики $\varnothing 1-3$ мм	Пресування в мундштуках
12	Мітчики $\varnothing 3,5-12$ мм	Механічна обробка пластифікованих заготовок
13	Різці розточувальні монолітні	Пресування в прес-формах
14	Пластини для різців	Пресування в прес-формах
15	Багатогранні непереточувані пластини	Пресування в прес-формах
16	Пластини для свердел	Пресування в прес-формах
17	Гвинтові пластин для фрез	Пресування в прес-формах

Технологічний процес складається з наступних операцій: підготовки твердосплавної суміші; пресування заготовок; кінцеве спікання.

Підготовки твердосплавної суміші. Змішування порошків карбідів тугоплавких металів і кобальту проводять в рідинному середовищі (етиловому спирті, воді) в кулькових млинах. При цьому відбувається також подрібнення частинок кар-

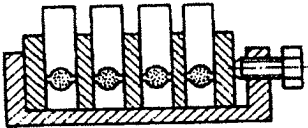
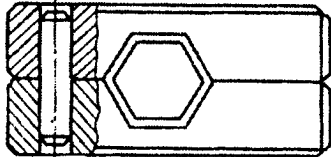
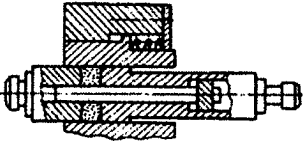
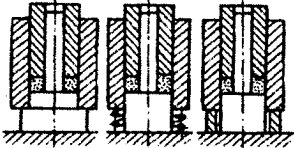
бїду і кобальту. Тривалість розмелювання складає 18–96 годин в залежності від марки твердого сплаву. Після просушування та просїювання на вїброситї твердосплавна сумїш для покращення пресування перемїшується з пластифікуючою речовиною. Пластифікуючі речовини полегшують ковзання частинок порошку одної відносно іншої і відносно стїнок прес-форми, а також надають заготовцї деяку допомїжну мїцнїсть за рахунок клеючої здатності пластифікатора.

У вїтчизнянїй промисловостї як пластифікатор в основному використовують розчин синтетичного каучуку в бензинї. Звичайно в твердосплавну сумїш додавають таку кїлькїсть (4,5–5 %) розчину каучуку, щоб після випаровування бензину в сумїші залишалось близько 1 % каучуку. При мундштуковому пресуваннї та при виготовленнї пластифікованих заготовок широко використовується парафїн без розчинників. В закордоннїй практицї як пластифікуючі домїшки знайшли використання також розчини камфори в бензинї, ацетонї або ефїрї, глюколю в спиртї, парафїну в бензолї або чотирихлористому вуглецї.

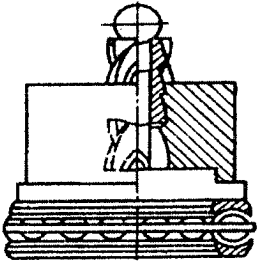
Операція введення пластифікатора в твердосплавну сумїш і змїшування вїдбувається у двовалкових шнекових установках. Спочатку в посудину установки засипаються порошок і розчин пластифікатора, якї ретельно перемїшуються обертовими рухами шнека. Потїм маса пїдгрівається гарячою водою, яка подається в рубашку установки. При цьому вїдбувається видалення бензину при безперервному обертovому русї шнеків. Пїсля цього сумїш просїюється на вїбросепараторї і направляється на операцію пресування або грануляцї. Грануляцї сумїші виконується на спеціальних установках і необхідна для покращення технологїчності при роботї на прес-автоматах.

Пресування заготовок здїйснюється в прес-формах, конструкцїї яких визначаються розмїрами і конфїгурацїєю заготовок, методом пресування, ступенем механїзацїї процесу, характеристикою обладнання, що використовується та кїлькїстю виробів. В табл. 2.16 наведенї схеми деяких прес-форм, якї використовуються для пресування заготовок рїзального інструмента.

Таблиця 2.16
 Схема і характерні особливості прес-форм для пресування
 заготовок з твердого сплаву

Тип прес-форми	Схема прес-форми	Характерні особливості
1	2	3
Багатогніздова, знімна, розбірна		За один цикл пресування формується декілька виробів – після повного розбирання прес-форми, знятої з преса
Одногніздова, знімна, розбірна		Виймання виробів здійснюється методом виштовхування пуансоном без розбирання прес-форми
Одногніздова, знімна, нерозбірна: а – одностороннього пресування		Для виробів невеликої висоти
б – одностороннього пресування з двостороннім допресуванням, стаціонарна нерозбірна		Засипання суміші твердого сплаву, пресування, виштовхування та знімання виробів виконується автоматично. Виштовхування виробів виштовхується нижнім пуансоном

Закінчення табл. 2.16

1	2	3
Обертюва		Виштовхування заготовки здійснюється верхнім пуансоном. Використовується для виготовлення суцільних твердосплавних коронок, свердел, фрез, зенкерів і розверток

Прес-форми, що розбираються, використовуються при пресуванні заготовок складного профілю або прямокутних заготовок. Вони використовуються в дрібносерійному виробництві, тобто при їх використанні продуктивність невисока. Знімні нерозбірні прес-форми також використовуються в дрібносерійному виробництві.

Нерозбірні стаціонарні прес-форми використовуються, в основному, на пресових автоматах при масовому і багатосерійному виробництві.

При проектуванні прес-форм необхідно враховувати, що об'єм твердосплавної заготовки при спіканні зменшується майже в 2 рази, а лінійні розміри – на 20–29 %. При призначенні допусків виходять з того, що навіть при ретельному виготовленні твердосплавних виробів усадка не буде постійною, ні в межах однієї партії заготовок, ні в різних частинах однієї заготовки. В лабораторних умовах зміна усадки складає близько $\pm 0,5$ %, при масовому виробництві заготовок воно не зростає до ± 1 %.

Для визначення поля допуску і розмірів спеченої заготовки встановлюють мінімальний і максимальний розміри припусків. Мінімальний припуск визначається товщиною дефектного шару і припуском на усунення перекручування форми заготовки. При простій формі та малих розмірах заготовки мінімальний припуск може дорівнювати товщині дефектного шару без врахування жолоблення. Товщина дефектного шару буде до-

рівнювати 0,1 мм на сторону. Максимальний припуск визначається товщиною дефектного шару, припуском для усунення найбільш допустимого жолоблення або перекручення форми і припуском для компенсації зміни усадки. Величини жолоблення або перекручування форми встановлюють експериментальним шляхом, оскільки вони залежать від багатьох конструктивних і технологічних факторів, точне врахування яких зробити важко. В кресленнях спечених заготовок використовують, як правило, двосторонні симетричні допуски. Допуски на лінійні розміри оброблюваних ділянок заготовок звичайно не перевищують $\pm 0,2$ мм. Допуски на лінійні розміри необроблюваних поверхонь досягають ± 1 мм, а при розмірах більше 40 мм дорівнюють $\pm 2,5$ % розміру. Допуски на кути для неробочих частин твердосплавних заготовок дорівнюють $\pm 2^\circ$, а для робочих частин – $\pm 1^\circ$.

Форми і способи одержання суцільних твердосплавних заготовок для різального інструмента наведені в табл. 2.15.

Розміри спресованої заготовки до спікання визначають шляхом перемноження номінальних розмірів спеченої заготовки, визначених з врахуванням припусків на обробку, на коефіцієнт усадки. Розміри робочої порожнини прес-форми повинні відповідати розмірам спресованої твердосплавної заготовки до її спікання.

Твердосплавні заготовки необхідної форми пресують на гідравлічних або механічних пресах. Щільність пресування залежить від тиску пресування та величини зерна порошку. Величину тиску пресування звичайно встановлюють у межах від $5 \cdot 10^3$ до $15 \cdot 10^3$ МПа.

Надмірний тиск при пресуванні може викликати появу тріщин. Шар порошку у вертикальному напрямку після пресування має різну щільність. Найбільшу щільність має верхній шар, який безпосередньо стикається з пуансоном, до якого прикладається тиск, а найменшу – нижній, близько дна прес-форми. Тому метод одностороннього пресування придатний тільки для виготовлення виробів невеликої висоти. В іншому випадку при спіканні нерівномірна усадка заготовки викликає підвищене жолоблення її форми.

Після пресування заготовки піддаються сушінню в су-

шильних шафах при температурі 150–180 °С протягом 2–8 год для повного усунення парів бензину і підвищення міцності пресування.

Спикання заготовок твердого сплаву здійснюється в горизонтальних трубчастих або муфельних електропечах безперервної дії в захисному (відновлювальному) середовищі, найчастіше у водні. Нагрівальний елемент (молібденова чи вольфрамова стрічка або дріт) розташований із зовнішньої сторони муфеля або труби з високовогнестійкої (алундової) кераміки. Інколи нагрівачем є графітова труба, яка служить одночасно і робочим простором печі.

Заготовки складаються в графітові човники на деякій відстані одна від одної і засипають порошком плавленого окису алюмінію (кораксу) з невеликою домішкою графітової крупи (при спіканні сплавів $WC-Co$) або графітовою крупкою (при спіканні сплавів WC, TiC, Co). Закриті графітовими кришками човники вставляють в піч, через робочий простір якої безперервно пропускають просушений і очищений водень, який спалюють на виході з печі. В гарячу зону човники періодично проштовхуються за допомогою механічного товкача. Після виходу з гарячої зони човники поступають в холодильник, де вони охолоджуються перед вивантаженням з печі. Воднем також заповнюється захисний кожух печі для запобігання окислення нагрівального елемента. В умовах малосерійного виробництва для спіканні спеціальних твердосплавних заготовок інструмента використовують печі періодичної дії. Крім спікання в середовищі водню, на практиці використовується спікання твердого сплаву також у вакуумних вертикальних печах періодичної дії або в горизонтальних печах безперервної дії.

При спіканні твердого сплаву відбуваються наступні процеси:

1. В перший період спікання із заготовок видаляються пластифікуючі речовини (200–400 °С), поновлюються окисли (400–700 °С), і в зв'язку з адгезією між частинами порошку заготовки дещо зміцнюються (700–100 °С). Усадка суміші починається при температурах 1150–1300 °С з активним утворенням твердих розчинів на основі кобальту.

2. При досягненні температури евтектики протягом дії сили поверхневого натягу зерна карбідів ущільнюються і відбувається швидкий процес усадки заготовки, що спікається.

3. При підвищенні температури спікання або при збільшенні витримки при постійній температурі відбувається ріст зерен карбідів в основному шляхом перекристалізації через рідинну фазу.

4. Після охолодження (кристалізації рідкої фази) на зернах *WC* відбувається випадання розчинного в рідкій фазі карбиду вольфраму, що призводить до деякого росту зерен і заповнення проміжків між ними.

Максимальна температура кінцевого спікання залежить від складу сплаву та зернистості суміші і знаходиться в межах від 1340 °С (для KB 20) до 1480 °С (для BK 3). Печі безперервної дії конструюють так, щоб в нагрівальному пристрої утворювались зони з різною температурою для забезпечення необхідної швидкості нагрівання (найчастіше не вище 150–200 °С на годину) і часу витримки при максимальній температурі (від 0,5–2 години).

У ряді випадків перед кінцевим спіканням відбувається попереднє спікання для усунення пластифікатора із виробів, що спікаються. При цьому в конструкції печі передбачаються спеціальні охолоджувані пастки для конденсації пари пластифікатора.

Механічна обробка для отримання виробів складної форми виконується після пресування заготовок простої форми в прес-формах, сушіння, попереднього спікання та додаткового пластифікування їх.

Попереднє спікання відбувається при температурах від 750 до 850 °С. При цьому відбувається вигорання каучуку і деяке зміцнення заготовок.

Пластифікування проводять шляхом занурення в нагрітий до 140–145 °С парафін з витримкою від 0,5 до 1,5 години. Розплавлений парафін заповнює пори між частинами твердого сплаву. Після охолодження до утворення легкої застиглої плівки на поверхні парафіну вироби виймають з ємності, охолоджують і відчищають їх поверхню від надлишків парафіну.

Пластифіковані заготовки легко піддаються обробці металорізальним інструментом (найчастіше твердосплавним), при цьому одержують досить чисті поверхні з гострими ребрами без щербин. Заготовкам можна надати будь-якої форми шляхом точіння, фрезерування, свердлування та інших видів обробки. Таким чином виготовляється велика номенклатура монолітного твердосплавного різального інструмента, кінцеві, циліндричні, дискові, черв'ячні та інші фрези, фасонні різці, зенкери, розвертки, плашки тощо.

Після механічної обробки відбувається відгін парафіну в електричних печах з пастками для збирання парафіну, а потім – кінцеве спікання.

Мундштукове пресування займає значне місце серед методів формування виробів з твердих сплавів. Суть методу полягає в продавлюванні через профільований мундштук попередньо пластифікованої твердосплавної суміші. Як пластифікатор в суміш вводиться 6–10 вагових процентів парафіну. Мундштукове пресування дозволяє отримувати кінцевий різальний (фрези, свердла, розвертки тощо) з дуже високим співвідношенням довжини до поперечного перерізу.

До суттєвих переваг методу мундштукового пресування відносяться: висока продуктивність, яка складає до 3000 штук заготовок за зміну, що в 6–7 разів більше в порівнянні з методом виготовлення інструмента з пластифікованих заготовок; відсутність відходів твердого сплаву; можливість автоматизації технологічного процесу; низька шорсткість поверхонь заготовок, можливість виготовлення інструмента з будь-яким профілем канавок, мале забруднення твердого сплаву продуктами згорання пластифікатора.

Пластифікована суміш для мундштукового пресування утворюється наступним чином.

В суміш твердого сплаву засипають парафін у вигляді дрібної стружки, масу нагрівають до 80–120 °С і ретельно перемішують. Потім на гідравлічному пресі масу додатково 3–4 рази продавлюють через багатоканальну прес-форму. При цьому досягається необхідна гомогенізація суміші. Отриману масу в прес-формах прямого пресування спресовують в циліндричні

брикети діаметром 80–100 мм і товщиною 10–20 мм при тиску 100–120 МПа.

Мундштукове пресування заготовок робочих частин кінцевих інструментів здійснюється в спеціальній нагрітій прес-формі (рис. 2.7) з твердосплавним профільованим мундштуком. В контейнер прес-форми завантажуються брикети, прес-форма підігрівається до 35–40 °С і при прикладенні тиску до пуансона твердосплавна суміш видавлюється через мундштук. Процес здійснюється безперервно до завантаження нової порції брикетів. Швидкість витікання матеріалу – 120–180 мм/хв. Заготовки необхідної довжини відрізаються гострим ножем.

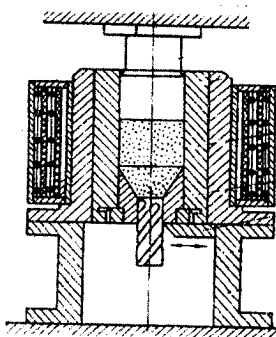


Рис. 2.7. Прес-форма з профільованим мундштуком

Метод мундштукового пресування заготовок кінцевих інструментів з хвостовиками відрізняється тим, що пластифікована твердосплавна суміш продавлюється через циліндричний мундштук в порожнину профільованої прес-форми з наступним випресовуванням заготовки з прес-форми твердосплавною сумішшю після охолодження її та перевертання. Заповнення суміші в прес-форму проводиться зі сторони вставки, що формує хвостовик, а випресовування заготовки – зі сторони вставки, що формує робочу частину (рис. 2.8).

Спикання заготовок, отриманих мундштуковим пресуванням і до складу яких входить значна кількість пластифікатора (до 70 об'ємних процентів), на стадії видалення пластифікатора проводиться з повільним підвищенням температури для уник-

нення деформування виробів і появи тріщин. Відгін пластифікатора здійснюється в середовищі водню в горизонтальній муфельній печі з металевим, непроникним для парів парафіну, нахиленим муфелем. Парафін повністю видаляється із заготовок при 300 °С. Проте для досягнення необхідної міцності виробів нагрівання відбувається до 850–950 °С. Кінцеве спікання проводиться за звичайною прийнятою технологією.

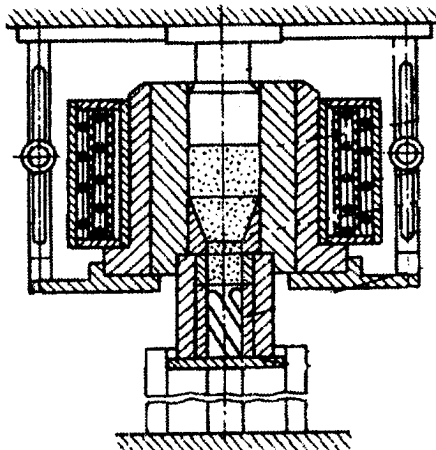


Рис. 2.8. Схема пресування заготовок кінцевих інструментів з хвостовиками

Недоліком методів мундштукового пресування є підвищений вміст пластифікатора, який вводиться для забезпечення пластичності суміші, що призводить до більш високої пористості спеченого твердого сплаву, до виникнення в ряді випадків тріщин, раковин і великих пор. Підвищена вихідна пористість пресувань не дозволяє виготовляти мундштуковим методом заготовки кінцевих інструментів діаметром більше 8 мм у зв'язку з технологічними труднощами спікання.

Одним із шляхів усунення підвищеної пористості, яка має місце при мундштукових методах пресування заготовок кінцевого інструмента, є використання методу гідростатичного допресовування твердого сплаву після відгону пластифікатора. Перед гідростатичним допресовуванням заготовки інструмента

необхідно герметизувати для захисту від проникнення масла в їх об'єм протягом процесу допресовування. Герметизація відбувається шляхом занурення заготовок в розчин латексу (рідкого каучуку). Можливе також покриття заготовок розчином латексу за допомогою пневморозпилювача.

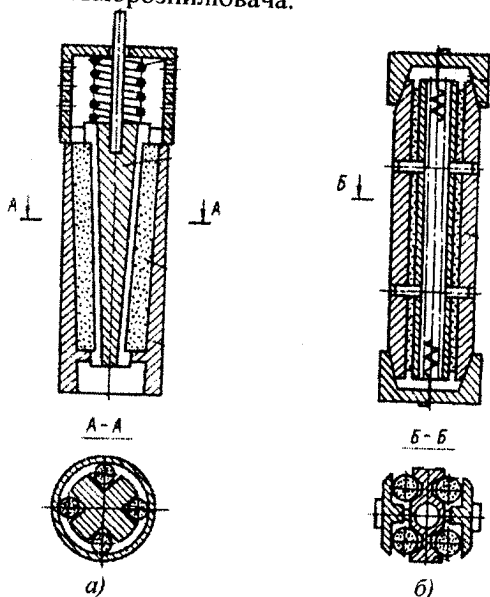


Рис. 2.9. Пристрої для запобігання деформації при гідростатичному допресовуванні

Гідростатичне допресовування найбільш часто виконується на установках прямої дії системи "поршень – циліндр" в поєднанні з гідравлічними пресами, що випускаються серійно. Як камери високого тиску використовуються гідростати. В камеру гідростата заливається робоча рідина (масло індустріальне 20). Після завантаження в камеру заготовок до штока прикладається тиск, який передається до робочої рідини. В результаті тривісного стиску частини твердого сплаву зближуються, витискаючи повітря із заготовок. Оптимальний тиск гідростатичного допресовування знаходиться у межах від $1 \cdot 10^3$ до $1,1 \cdot 10^3$ МПа. Після досягнення необхідного тиску відбувається витримка

5–15 с. для вирівнювання тиску по об'єму заготовки і виходу з неї повітря. Після витримки тиск плавно зменшується, і заготовки вивантажуються з камери.

Протягом гідростатичного допресовування щільність пресовок зростає більше, ніж у 2 рази. Після кінцевого спікання пористість твердого сплаву зменшується в 1,5–3 рази, міцність при згинанні збільшується в 1,5–1,7 рази, а стійкість інструмента, що отримали мундштуковим методом з гідростатичним допресовуванням, зростає до двох разів. Метод гідростатичного допресовування дозволяє розширити технологічні можливості методу мундштукового пресування, оскільки значно менша пористість пресовок перед кінцевим спіканням не обмежує діаметра заготовок, які отримують мундштуковим методом.

Проте, при допресовуванні заготовок кінцевого твердосплавного інструмента з відношенням довжини до діаметра 4–5 виникає підвищене жолоблення. Тому перед завантаженням в камеру заготовки рекомендується вставляти в спеціальні пристрої, які запобігають виникненню жолоблення. Принцип дії їх полягає в прикладенні додаткового тиску до заготовок або деталей пристроїв з метою постійного притискання заготовок до елементів базування, жорсткість яких не допускає появи деформацій в процесі усадки твердого сплаву при впливові рідини високого тиску. На рис. 2.9 наведені конструкції багатомісних пристроїв для запобігання деформацій заготовок кінцевого інструмента при гідростатичному допресовуванні.

2.12. Способи кріплення полікристалів з надтвердих матеріалів

Кріплення полікристалів в державках різального інструмента здійснюється такими способами: механічним кріпленням, гарячим завальцюванням, квазігідростатичним пресуванням, вакуумним напаюванням, заливанням розплавленим металом, гарячим пресуванням з металевим порошком, склеюванням.

Механічне кріплення. До переваг способу відносяться: простота збирання, швидка зміна затупленої вставки, відсутність термічних напруг, які мають місце при напаюванні, тощо. Суттєвим недоліком є необхідність ретельного виготовлення

робочих поверхонь державки і вставок, що при малих розмірах полікристалів досить складно.

Гаряче завальцювання. Завальцювання використовується при кріпленні полікристалів з ельбору-Р в державках різців. Спосіб нескладний і забезпечує надійне закріплення. Для встановлення полікристалу ельбору-Р в державці свердлиться отвір. Потім головка різця з полікристалом нагрівається за допомогою ТВЧ і в зоні розміщення полікристалу виконується обтискання. Матеріал державки протягом деформації щільно охоплює поверхню полікристалу, що забезпечує надійність закріплення та інтенсивне відведення тепла в державку.

Квазігідростатичне пресування. Цей метод полягає в тому, що полікристал в стаканчиках з міді або нержавіючої сталі вставляється в гніздо державки, потім в камері державку піддають обтисканню при тиску до 8000 МПа. При такому тиску метал державки і стаканчиків стає пластичним, тече, обволікає полікристал і міцно його утримує. Метод здійснюється без підігрівання та доцільний для закріплення полікристалів гексаніту-Р, які чутливі до перегрівання.

Вакуумне напаявання. Напаявання відбувається за допомогою латунних припоїв, припою ПрЛНМц-68-4-2 або срібляних припоїв ПСр40, ПСр45 у вакуумних печах. Цим способом здійснюється кріплення полікристалів нітриду бору з попередньою їх металізацією або без неї. Металізація здійснюється шляхом хімічного нікелювання або осаджуванням з газового середовища. Вакуумне напаявання використовується при виготовленні малорозмірних розточувальних, різцевих, прорізних та інших різців, а також розверток, кінцевих фрез та інших інструментів.

Напаявання припоями типу ПСР. Цим способом здійснюється кріплення полікристалів гексаніту-Р та інших полікристалів нітриду бору. Як флюс при цьому використовується порошкоподібний флюс № 284 (ТУ 40-02-62-71) або флюс № 209 з додаванням фтористого калію або фторборату калію.

Заливання розплавленим металом. Кріплення полікристалів надтвердих матеріалів цим способом відбувається при затвердінні залитого в зазор між кристалом і посадочним місцем кольорового металу або припою.

Гаряче пресування з металевим порошком. Пресування порошків кольорових металів разом із заготовкою полікристалу нітриду бору або алмазу здійснюється методом порошкової металургії. Подальше спікання зміцнює брикет, що отримали і який потім кріпиться в державці механічним шляхом або методом напаювання. При інтенсивних режимах і дії високих температур інструмент, що отримали даним методом, не використовується, тому що метал брикету пом'якшується і при цьому можливе зсування різального елемента протягом різання.

Запобігти відміченого недоліку дозволяє технологія виробництва різців, при якій заготовку надтвердого матеріалу пресують разом з шихтою на основі залізного або залізонікелевого порошку. Отриманий агрегат пропікають у вуглецевій печі або після пресування піддають нагріванню на ТВЧ з наступним калібруванням.

Контрольні запитання

1. Назвіть способи відрізання заготовки, їх переваги і недоліки.
2. З якою метою використовуються операції кування та штампування заготовки?
3. Охарактеризуйте технологічний процес штампування заготовок інструмента.
4. Охарактеризуйте технологічний процес відливання заготовки інструмента.
5. Охарактеризуйте технологічний процес гідропресування інструмента.
6. Охарактеризуйте технологічний процес зварювання заготовки.
7. Охарактеризуйте технологічний процес напаювання пластин твердого сплаву.
8. Охарактеризуйте технологічний процес склеювання інструментів.
9. Назвіть методи отримання заготовки монолітного твердосплавного інструмента.
10. Назвіть способи кріплення полікристалів із надтвердих матеріалів.

Глава 3

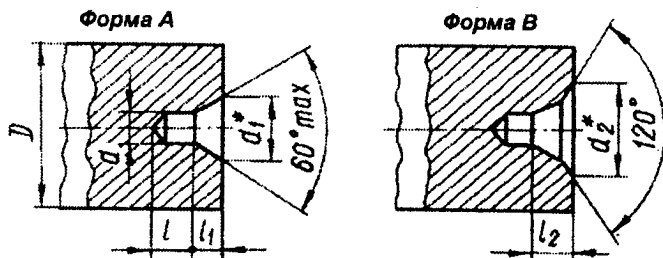
ОБРОБКА БАЗОВИХ ПОВЕРХОНЬ

3.1. Центрові отвори

Центрові отвори є технологічними базами при виготовленні, заточуванні та контролі хвостового різального інструмента. В табл. 3.1 наведені форми і розміри центрових отворів. Центрові отвори без захисного конуса використовуються при виготовленні інструментів невисокої точності. В інструментах високої точності (протяжки, розвертки, мітчики зі шліфованим профілем різьби тощо) використовуються центрові отвори із захисним конусом. При цьому забезпечується захист центрових отворів від моливих пошкоджень під час виготовлення та експлуатації інструмента.

Таблиця 3.1

Розміри центрових отворів



D	d	d_1	d_2	l не менше	l_1	l_2
1	2	3	4	5	6	7
2,0	(0,5)	1,06	—	0,8	0,48	—
2,5	(0,63)	1,32	—	0,9	0,60	—
3	(0,8)	1,70	2,50	1,1	0,78	1,02
4	1,0	2,12	3,15	1,3	0,97	1,27
5	(1,25)	2,65	4,00	1,6	1,21	1,60
6	1,6	3,35	5,00	2,0	1,52	1,90
10	2,0	4,25	6,30	2,5	1,05	2,54

Закінчення табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7
14	2,5	5,30	8,0	3,1	2,42	3,20
20	3,15	6,70	10,0	3,0	3,07	4,03
30	4	8,50	12,50	5,0	3,90	5,06
40	(5)	10,60	16,00	6,3	4,85	6,41
60	6,3	13,20	18,00	8,0	5,98	7,36
80	(8)	17,00	22,40	10,1	7,79	9,35
100	10	21,20	28,00	12,8	9,70	11,66
120	12	25,40	33,00	14,6	11,60	13,80
160	16	33,90	42,50	19,2	15,50	18,00
240	20	42,40	51,60	25,0	19,40	22,00
360	25	53,00	63,30	32,0	24,00	27,00

- Примітка: 1. Розміри, що в дужках, використовувати не рекомендується.
2. Розміри D рекомендуються.

З метою зменшення неточності базування заготовок у центрах в результаті деякої некруглості базуючих поверхонь та неспівпадання кутів конусів отворів та центра інколи виконують центрові отвори (тороїдної форми) (рис. 3.1).

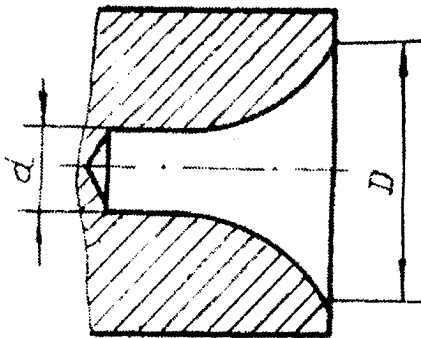
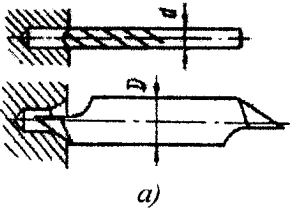
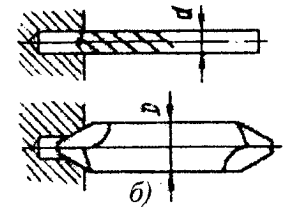
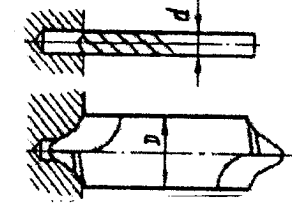


Рис. 3.1. Центрові отвори тороїдної форми

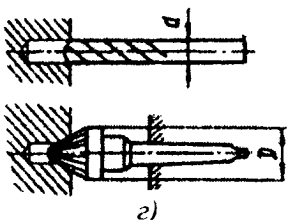
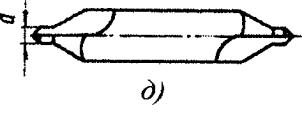
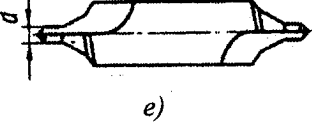
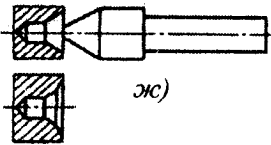
Для виготовлення центрових отворів використовують спіральні центрові свердла і зенківки або комбіновані центрові свердла (табл. 3.2).

Із-за порівняно високої твердості інструментальних сталей центрові отвори доцільно обробляти не комбінованими свердлами, які часто ламаються в цих випадках, а окремо, тобто спочатку свердлити свердлом отвір, а далі зенковками створювати конічні поверхні.

Таблиця 3.2
Способи обробки центрових отворів

D, мм	Ескіз	Інструмент	Режими (для швидко-різальної сталі)
1	2	3	4
0,5–1,5	 <p style="text-align: center;">a)</p>	1. Свердло спіральне 2. Зенківка 60° центрувальна, тип 1	1. $S = 0,03-0,07$ мм/об; (ручна); $V = 4-6$ м/хв 2. $S = 0,03-0,07$ хв/об; $V = 1-3$ м/хв
0,5–6	 <p style="text-align: center;">б)</p>	1. Свердло спіральне 2. Зенківка центрувальна з конусом 60°	1. $S = 0,03-0,07$ мм/об; $V = 4-9$ м/хв 2. $S = 0,03-0,07$ мм/об; $V = 1-5$ м/хв
0,5–6	 <p style="text-align: center;">в)</p>	1. Свердло спіральне. 2. Зенківка центрувальна з конусом 60° та захисним 120°	1. $S = 0,03-0,07$ мм/об; $V = 4-9$ м/хв; 2. $S = 0,03-0,07$ мм/об; $V = 1-4$ м/хв

Закінчення табл. 3.2

1	2	3	4
Більше 8	 <p style="text-align: center;">з)</p>	1. Свердло спіральне 2. Зенківка центрувальна з конусом 60° з конічним хвостовиком	1. $S = 0,05-0,1$ мм/об; $V = 6-8$ м/хв 2. $S = 0,05-0,07$ мм/об; $V = 3-5$ м/хв
1,5-6	 <p style="text-align: center;">д)</p>	Свердло центрувальне, комбіноване для центрування отв. 60° без захисного конуса	$S = 0,03-0,05$ мм/об; $V = 1-3$ м/хв
1,5-6	 <p style="text-align: center;">е)</p>	Свердло центрувальне, комбіноване для центрування отв. 60° із захисним конусом	$S = 0,03-0,05$ мм/об; $V = 1-2$ м/об
Шліфування центральних отворів	 <p style="text-align: center;">ж)</p>	Конічна абразивна шліфувальна головка ГК 60°	

Набори з центрувального свердла і зенківки використовують на спеціальних центрувальних верстатах, які мають окремі шпинделі для послідовної обробки: свердлування отвору і зенкування конусів з кутом 60° або конусів з кутом 60° та 120° комбінованим зенкером.

Комбіновані центрувальні свердла використовують при обробці центрових отворів як на спеціальних центрувальних верстатах в масовому і багатосерійному виробництвах, так і на

токарних і вертикально-свердлувальних верстатах в індивідуальному і малосерійному виробництві.

Для утворення центрових отворів використовується цілий ряд верстатів різного конструктивного виконання.

До загальних особливостей спеціальних центрувальних верстатів, які використовуються, відносяться наступні:

1. Центрові гнізда виконуються, як правило, з одночасною обробкою торців заготовки і прилеглих до них ділянок (рис. 3.2, а).

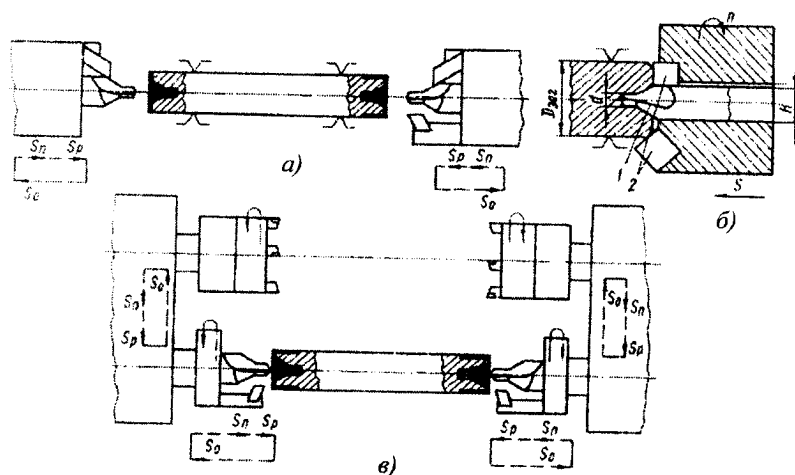


Рис. 3.2. Схеми обробки центрових отворів і торців

2. Майже всі вони призначені для одночасної обробки двох торців нерухомо закріпленої заготовки обертовим інструментом з осовою подачею. Верстати для односторонньої обробки заготовки і верстати із заготовкою, що обертається, бувають рідким винятком.

3. Для обробки торців і центрування заготовок діаметром від 10 до 50 мм найчастіше використовується комбінований інструментальний блок (рис. 3.2, б), який складається з центрувального свердла 1 та багатограних твердосплавних пластин 2 для підрізання торця, обточування та зняття фаски. На центруваль-

ному свердлі виконанні диски, що дозволяють створити перекриття різальних кромок свердла і твердосплавної пластини.

4. Обробка торців і центрування заготовок діаметром 50 мм і більше виконується на багатопозиційних верстатах. При цьому фрезерування торців і центрування комбінованим свердлом виконується на різних позиціях (рис. 3.2, в).

Одночасна обробка торців і центрових отворів з обох торців заготовки значно підвищує продуктивність праці та зменшує похибку взаємного розміщення центрових гнізд, яка не перевищує 0,1 мм на довжині 1000 мм і приблизно дорівнює неспіввідношенню шпинделів верстата. При почерговому центруванні торців величина зміщення центрових гнізд, зокрема в ступінчастих заготовках, отриманих куванням або зварюванням, досягає 0,8–1,5 мм на довжині 200–300 мм при діаметрі 25–50 мм, оскільки вона залежить від цілого ряду факторів: похибки затискного обладнання, стану поверхні заготовки, похибки її форми (ограновування, овальності, кривизни) тощо.

При виготовленні малорозмірного кінцевого інструмента базами є зовнішні центри з кутами конуса 120° , 90° і 75° . Обробка зовнішніх центрів виконується на круглошліфувальних верстатах. Використання зовнішніх центрів для базування при обробці допускається в заготовках діаметром до 10 мм.

Після термічної обробки в результаті утворення окалини, деформацій осадження солей та виникнення інших дефектів геометрія центрових отворів може бути порушена. Поновлення центрових отворів виконують на вертикально-свердлильних і токарних верстатах за допомогою твердосплавних зенківок або на центро-шліфувальних верстатах абразивним кругом, заправленим по формі центрального отвору.

При виготовленні інструментів підвищеної точності (розверток, протяжок тощо) точність геометрії центрових отворів досягається доводкою за допомогою чавунного притира та мікропорошку. В твердосплавних заготовках різального інструмента центрові отвори виконуються після попереднього спікання та пластифікування заготовок (просочення парафіном). Після кінцевого спікання центрові отвори доводяться за допомогою чавунного притира і алмазної пасти чи шліфуються алмазною голівкою, яка закріплена в патроні свердлильного або

токарного верстата. Зовнішні центри в твердосплавних пластифікованих заготовках виконуються на токарному верстаті з наступним шліфуванням їх алмазним інструментом після остаточного спікання. В заготовках діаметром до 6 мм зовнішні центри виконуються шліфуванням після остаточного спікання без попередньої токарної обробки центрів в пластифікованих заготовках.

3.2. Отвори під оправку

Квалітет точності отворів під оправку у різальних інструментів залежить від їх призначення. Отвори у циліндричних, торцевих, дискових і пазових фрезах виконуються за 7 квалітетом точності, у черв'ячних фрезах для обробки циліндричних зубчастих коліс з евольвентним профілем класів В, А та АА – за 6 квалітетом точності, а класів ААА – за 5 квалітетом точності.

Звичайно при обробці циліндричних отворів в незагартованих заготовках використовують наступну послідовність операцій:

1. Центрування коротким спіральним свердлом з кутом при вершині 90° .

2. Свердлування.

3. Розсвердлювання. Використовується при діаметрі отвору більше 40 мм. Перше свердло має діаметр 25–30 мм, друге – в залежності від прийнятих припусків на подальшу обробку. Свердлуванням і розсвердлюванням одержують отвори за 12 квалітетом точності.

При виготовленні невеликої кількості інструмента в серійному і дрібносерійному виробництві, базові отвори розточуються, зенкуються та розвертаються на універсальних верстатах та на верстатах з ЧПК.

Переважним методом обробки базового отвору діаметром до 22 мм після свердлування є протягування із залишенням припуску тільки під доводку. Підвищена вартість протяжки у порівнянні з іншими видами інструмента (зенкерами, розвертками) компенсується її високою продуктивністю та великою довговічністю.

При термічній обробці форма отворів звичайно спотворюється. Порушується також концентричність осі отвору і зовнішньої поверхні зубів. Усунення похибок форми і розміщення отвору досягається шліфуванням і доводкою.

Загальними особливостями шліфування отворів різних насадних інструментів на внутрішньошліфувальних верстатах є:

1. Процес шліфування включає наступні елементи: чорнове та чистове шліфування, виходжування.

2. Шліфування проводять методом поздовжньої подачі. Поздовжня подача при чорновому шліфуванні дорівнює 0,35–0,5, а при чистовому – 0,2–0,35 ширини шліфувального круга на оберт деталі. Швидкість обертання заготовки приймають 10–35 м/хв, глибину різання за один подвійний хід приймають в межах 0,005–0,02 мм при чорновому шліфуванні та 0,002–0,01 мм при чистовому шліфуванні. Діаметр шліфувального круга повинен дорівнювати 0,7–0,9, а його ширина – 1,0–2 діаметра отвору.

3. Отвори, що виготовляються за 7 квалітетом точності та вищої, у складеному та точному інструменті після шліфування на внутрішньошліфувальних верстатах піддають доводці.

Використовується декілька способів закріплення насадних інструментів при шліфуванні отворів. Інструмент може закріплюватися в спеціальному цанговому патроні (рис. 3.3, *а*) з механічним затискачем або за допомогою пневмо- чи гідроприводу. Цей метод закріплення дозволяє шліфувати отвір і торець за одну установку, забезпечуючи їх взаємну перпендикулярність. Базою при шліфуванні є зовнішня поверхня.

На рис. 3.3, *б* показане пристосування для закріплення інструмента трьома прихоплювачами. Заготовка попередньо центрується за допомогою встановлювальної оправки. Після закріплення заготовки оправка відводиться.

Інструменти із затіланими зубцями можна закріплювати в пристосуваннях по затилках зубців за допомогою трьох роликів і притискних планок (рис. 3.3, *в*).

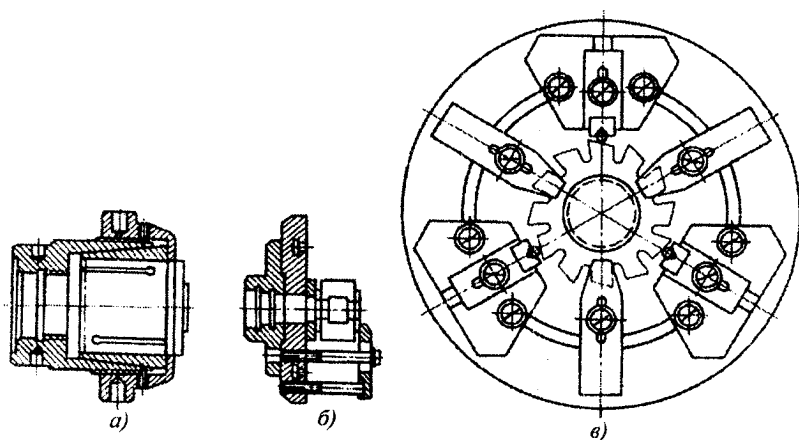


Рис. 3.3. Способи закріплення насадних інструментів

Інколи при шліфуванні отворів інструмент закріплюється в трикулачковому самоцентруючому патроні. При цьому, якщо довжина буртика інструмента більша 8 мм, затискання проводиться за буртик, при короткому буртику – за зовнішній діаметр. При чистовій обробці отворів на токарних верстатах і при шліфуванні на круглошліфувальних верстатах в деяких випадках використовуються патрони з постійним магнітом та електромагнітні патрони. Для живлення останніх необхідне джерело постійного струму. З метою захисту оброблюваних деталей від зсуву і виривання на таких патронах часто встановлюють упори.

Операційні розміри і допуски на обробку базових циліндричних отворів наведені в табл. 3.3.

З метою забезпечення високої точності та необхідної шорсткості отвори доводяться або хонінгуються. Доводку проводять чавунними притирами з пастою. Контроль отвору здійснюється гладеньким граничними копірами або за допомогою спеціальних приладів.

При шліфуванні отвору важливо витримати перпендикулярність осі отвору до опорних торців. Для цього опорний торець шліфують одночасно зі шліфуванням отвору, якщо дозволяє пристосування для закріплення. В більшості випадків

опорні торці шліфуються на оправці, коли базою є вже шліфований отвір.

Таблиця 3.3

Операційні розміри і допуски (в мм) на обробку циліндричних отворів насадного інструмента

Діаметр отворів, мм	Діаметр свердла, мм	Діаметр отвору після			Діаметр отвору у загартованих виробів після			
		Розточування під		Розвертання та протягування	Шліфування		Доводки	
		розвертання	протягування		7 квалітет	6 квалітет		
		Допуски						Н6
		Н11	Н11	Н9	Н7	Н7		
13	12,1	12,60	12,50	1275	13	12,980	13	
16	15,0	15,55	12,45	12,70	16	15,980	16	
22	20,7	21,47	21,35	21,65	22	21,975	22	
27	25,6	26,47	26,35	26,65	27	26,975	27	
32	30,5	31,38	31,25	31,60	32	31,970	32	
40	38,0	39,38	39,25	39,60	40	39,970	40	
50	48,0	49,33	49,20	40,55	50	49,960	50	
60	58,0	59,30	59,15	59,55	60	59,960	60	

3.3. Плоскі поверхні

Базуючі площини різальних інструментів за своїм призначенням можна розбити на дві групи:

1. Площини, що визначають положення інструмента на верстаті і є дотичними до установочних поверхонь верстата, оправок або пристосувань. Площини є базами при виготовленні і експлуатації різців, плоских протяжок, зубостругальних різців і гребінок, а також подібних до них за формою інструментів.

2. Площини, які базують положення різальних елементів у корпусі інструмента (клиноподібні та призматичні ножі, пластини).

Найбільш розповсюдженими способами обробки площин є: стругання, фрезерування циліндричними і торцевими фрезами, протягування на протяжних верстатах, обточування торцевих поверхонь на токарних і револьверних верстатах, шлі-

фування на плоскошліфувальних верстатах, шліфування торцевих поверхонь на круглошліфувальних верстатах за одну установку з обробкою отворів.

Фрезерування площин в порівнянні із струганням є більш продуктивним процесом. Торцеве фрезерування характеризується більш високою продуктивністю праці та меншою шорсткістю обробленої поверхні в порівнянні із фрезерування циліндричними фрезами. Торцеве фрезерування використовується в серійному і багатосерійному виробництві для фрезерування площин різців і ножів складальних інструментів з використанням багатомісних пристосувань.

Зовнішнє протягування площин на горизонтальних і вертикальних протяжних верстатах знайшло використання при серійному і багатосерійному виробництві ножів для складальних інструментів. Воно в порівнянні з фрезеруванням значно підвищує продуктивність праці.

Обробку торцевих площин при виготовленні дискових і черв'ячних фрез, довбачів, шеверів, насадних фрез, розверток, зенкерів та корпусів складальних інструментів виконують на токарних (універсальних та напівавтоматичних), револьверних і карусельних верстатах. Вибір обладнання відбувається в залежності від характеру виробництва. З метою досягнення перпендикулярності торця до осі базового отвору обробка їх відбувається за одну установку. Інший торець обробляють на базі першого торця та отвору.

Плоскошліфувальні верстати для шліфування площин за схемою обробки (рис. 3.4) поділяють на дві групи:

1. Які працюють торцем круга.
2. Які працюють периферією круга.

Перша група верстатів використовується для чорного шліфування площин насадного інструмента, круглих плашок, заготовок різців, плоских гребінок, ножів складених інструментів тощо. Припуск на шліфування досягає 3 мм. Обробка проводиться торцями шліфувальних сегментів, які кріпляться на торцевій площині шліфувальної бабки.

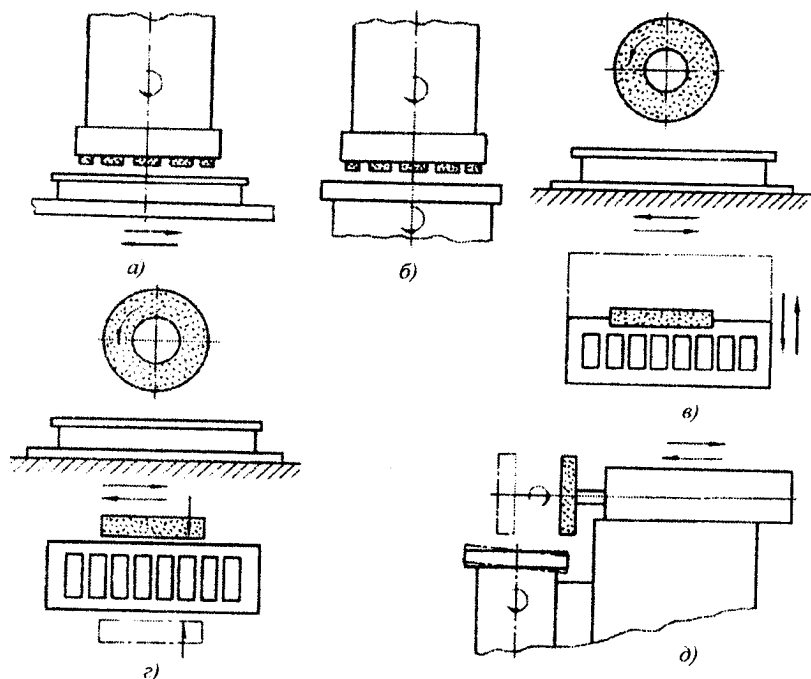


Рис. 3.4. Схеми шліфування площин

Шліфувальні верстати цієї групи поділяються на верстати з круглим (рис. 3.4, б) і прямокутним (рис. 3.4, а) столами. Круглий стіл з деталями при обробці робить обертові рухи, а прямокутний – зворотно-поступальні. Вісь шпинделя шліфувальної бабки цих верстатів встановлюється під кутом 3° до вертикальної осі, що зменшує ділянку контакту абразиву з оброблюваною поверхнею, а отже, і силу різання. Це зменшує небезпеку відривання деталей від магнітної плити під час обробки.

Чорнове шліфування в порівнянні з іншими методами обробки різанням відрізняється простотою кріплення деталей на магнітній плиті, високою продуктивністю, низькою шорсткістю,

паралельністю площин, що обробляються. Чорнове шліфування в ряді випадків заміняє фрезерну обробку.

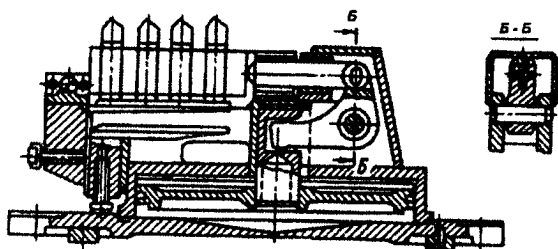
Друга група верстатів використовується для чистового шліфування площин різних інструментів. У верстатів з прямокутним столом поперечна подача може здійснюватися столом (рис. 3.4, в) (верстати потужністю 2–3 кВт, що використовуються в індивідуальному і малосерійному виробництві) або шліфувальним кругом (рис. 3.4, з) (більш потужні верстати для серійного і багатосерійного виробництва). Вироби встановлюються безпосередньо на магнітній плиті з використанням багатомісних рамок або перехідних призм (при необхідності).

Верстати з круглим столом звичайно використовуються для шліфування ступиць у відрізних і прорізних фрезах. Заготовка встановлюється в центрі стола. При обробці за цією схемою (рис. 3.4, д) досягається низька шорсткість обробленої поверхні та мінімальне биття торця виробу внаслідок досить незначного впливу зношування круга на цей параметр.

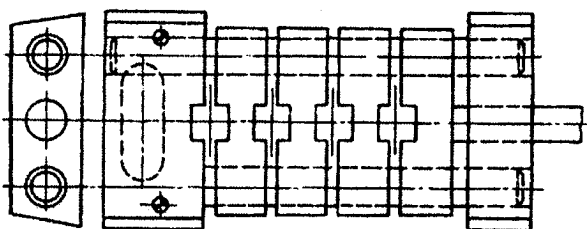
При фрезеруванні площин різців, ножів для різного складеного інструмента, плоских плашок до різьбонарізних головок і деяких інших інструментів в одиничному, малосерійному і серійному виробництвах найчастіше використовуються верстатні лещата з ручним, пневматичним або гідравлічним приводом.

В багатосерійному виробництві при обробці на фрезерних верстатах базових площин інструмента використовують багатомісні пристосування із швидкодіючими ексцентриковими, пневматичними і гідравлічними затискачами. Багатомісні пристосування можуть бути із змінними наладками. На рис. 3.5 наведена конструкція багатомісного пристосування для фрезерування з вмонтованим поршневым пневмоприводом і зі змінною наладкою.

На горизонтально-фрезерних і плоскошліфувальних верстатах використовуються електромагнітні та магнітні плити, на верхній площині яких встановлюють оброблювані деталі. Вони закріплюються силою, що утворюється магнітним потоком електромагніту або постійного магніту. На рис. 3.6 наведені схеми електромагнітних і магнітних плит, які використовуються для встановлення деталей на фрезерних і плоскошліфувальних верстатах.

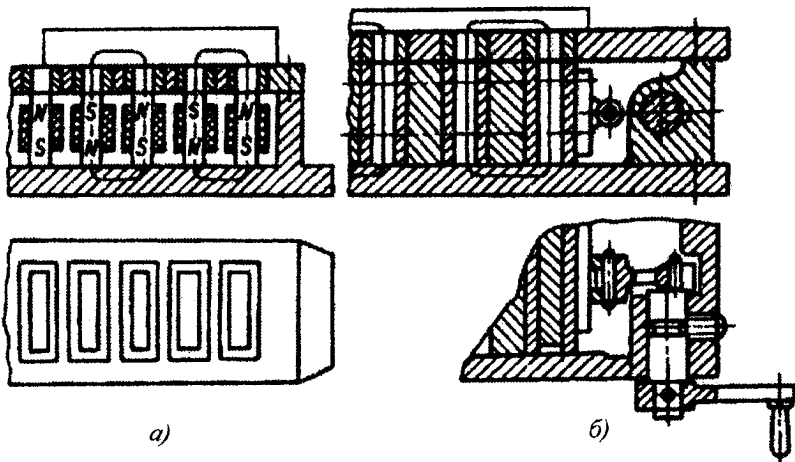


а)



б)

Рис. 3.5. Багатомісні пристосування



а)

б)

Рис. 3.6. Схеми магнітних плит

В табл. 3.4 дані загальні припуски на повну обробку площин цілого сталевого інструмента, виготовленого з гарячекатаної сталі і робочих частин зварювального. Для хвостовиків зварного інструмента припуски збільшуються на 0,5 мм. При відрізанні заготовок на декілька штук враховується також ширина прорізу різьби.

Таблиця 3.4

Загальні припуски на повну обробку площин заготовок плоского інструмента, що виготовляється з гарячекатаної сталі

Ширина виробу, мм	Загальні припуски на обробку площин по параметрах	Довжина виробу, мм					
		до 80		80–180		180–350	
		Товщина виробу, мм					
		до 25	25–30	до 25	25–50	до 25	25–50
До 50	на ширину	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	4,0
	на товщину	2,0	2,5	3,0	3,0	4,0	4,0
	на довжину	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
50–80	на товщину	–	–	4,0	4,0	5,0	5,0
	на ширину	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0
	на довжину	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
80–110	на товщину	–	–	4,0	4,0	5,0	5,0
	на ширину	–	–	3,0	3,5	4,0	4,5
	на довжину	–	–	3,5	3,5	4,0	4,5

В табл. 3.5 дані загальні припуски на повну обробку площин плоского інструмента, який виготовляється з поковок.

В табл. 3.6. дані припуски на шліфування плоского інструмента з швидкорізальної сталі. Для інструмента, що виготовляється з вуглецевої та легованої інструментальних сталей, припуски будуть дорівнювати 0,8–0,85 від табличних значень. Припуски встановлені для шліфування загартованих інструментів, які не піддавались шліфуванню в сирому вигляді. Якщо заготовка після фрезерування або стругання піддається перед термообробкою попередньому шліфуванню, табличні припуски зменшуються на 30–50 %.

Таблиця 3.5

Загальні припуски на повну обробку площин для плоского інструмента, що виготовляється з поковок

Ширина виробу, мм	Загальні припуски на обробку площин по параметрах	Довжина виробу, мм					
		до 80		80–180		180–350	
		Товщина виробу, мм					
		до 25	25–30	до 25	25–50	до 25	25–50
До 50	на товщину	3,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
	на ширину	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0
	на довжину	3,0	3,5	3,0	4,0	4,0	4,5
50–80	на товщину	4,0	4,5	5,0	5,0	6,0	6,0
	на ширину	3,5	4,0	4,0	4,5	5,0	5,5
	на довжину	3,5	4,0	4,0	4,5	5,0	5,5
80–110	на товщину	–	–	5,5	5,5	6,5	6,5
	на ширину	–	–	4,5	5,0	5,5	6,0
	на довжину	–	–	5,0	5,5	5,5	6,0

Таблиця 3.6

Припуски на шліфування плоского інструмента із швидкорізальної сталі

Ширина виробу, мм	Загальні припуски на обробку площин по параметрах	Довжина виробу, мм								
		до 80			80–180			180–350		
		Товщина виробу, мм								
		до 15	15–30	30–50	до 15	15–30	30–50	до 15	15–30	30–50
До 30	на ширину	0,4	0,45	–	0,5	0,55	–	0,67	0,7	–
		0,3	0,4	–	0,35	0,45	–	0,45	0,55	–
До 50	на товщину	0,45	0,5	0,55	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
		0,35	0,4	0,45	0,4	0,45	0,5	0,5	0,55	0,6
50–80	на ширину	0,55	0,55	0,6	0,65	0,65	0,7	0,8	0,8	0,85
		0,45	0,45	0,5	0,5	0,65	0,55	0,6	0,6	0,65
80–110	на товщину	–	–	–	0,75	0,5	0,8	0,9	0,9	0,95
		–	–	–	0,6	0,75	0,65	0,7	0,7	0,75

3.4. Виготовлення хвостовиків

Кінцеві різальні інструменти виготовляються з циліндричними і конічними хвостовиками.

Конічні хвостовики повинні бути виготовлені з точністю, що забезпечує надійну посадку їх в конічних отворах шпинделів або оправок, щоб було досягнуто центрування інструмента і передача йому тертям крутного моменту. При недостатній щільності посадки конічного хвостовика можливе провертання його і поломка інструмента. Схеми обточування конічних хвостовиків показані на рис. 3.7.

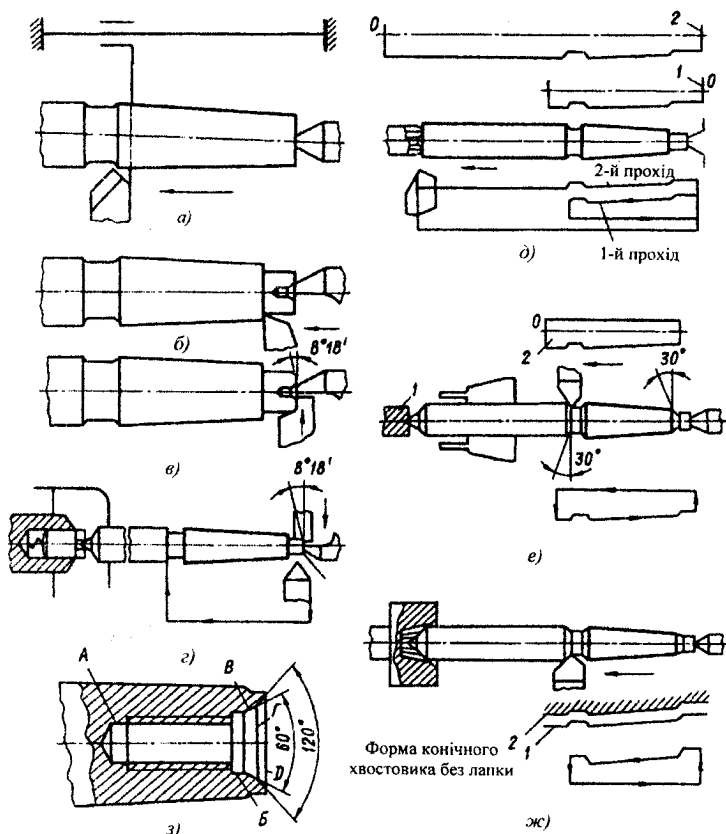


Рис. 3.7. Схеми обробки конічних хвостовиків

Обробка хвостовиків в малосерійному виробництві виконується на токарних верстатах, а в багатосерійному і масовому виробництвах – на спеціальних напівавтоматах (рис. 3.7, II) і автоматах (рис. 3.7, III).

Обробка конусів на токарних верстатах (рис. 3.7, I) виконується одним з наступних способів: зсувом центра задньої бабки, за допомогою копіювальної лінійки і подвійної (повздовжньої та поперечної) передачі різця. Обточування конічних поверхонь шляхом зсуву центра задньої бабки використовують при конусності менше 1–10. Поверхні з великою конусністю можна обробляти за допомогою копіювальної лінійки з додаванням зсуву задньої бабки.

Обробка конічних хвостовиків на спеціальних токарних напівавтоматах (рис. 3.7, II) виконується шляхом послідовного обточування циліндричної поверхні лапки, конічної поверхні хвостовика і шийки твердосплавними різцями зі швидкістю різання від 75 до 120 м/хв і подачею $S = 0,3$ мм/об.

Обробка може виконуватись двома способами:

1) обробка тільки циліндричної поверхні лапки, конічної поверхні хвостовика і шийки;

2) крім вказаних поверхонь, обробляється і робоча частина.

Обробка конічних хвостовиків при великих припусках проводиться за декілька проходів (до 4).

Конічні хвостовики без лапки зі сторони торця мають різьбові отвори, які необхідні для закріплення інструмента у шпинделі верстата. Операція обробки різьбового отвору складається з наступних переходів: центрування, свердлування отвору A , підрізання торця D , розточування виточки B зенкером, зенкування отвору B для одержання робочого конуса під кутом 60° , зенкування отвору для одержання захисного конуса G з кутом 120° , нарізання різьби мітчиком.

Обробку лапок виконують на горизонтально- або вертикально-фрезерних верстатах. Заготовки закріплюють в одно- або двомісних пристосуваннях з гвинтовим, пневматичним або гідравлічним затискачем. Обробку виконують двома або чотирма фрезами, які встановлені на одній оправці.

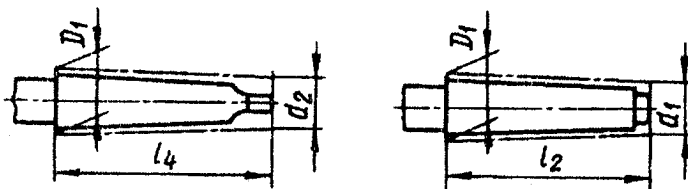
В багатосерійному виробництві фрезерування виконують на вертикально-фрезерному верстаті з обертовим круглим столом. Безперервний процес фрезерування при цьому значно підвищує продуктивність праці.

Після термічної обробки конічні поверхні хвостовиків шліфують на круглошліфувальних або безцентрово-шліфувальних верстатах до упора. Припуски на шліфування конусів Морзе наведені в табл. 3.7.

Процес виготовлення циліндричних хвостовиків включає: обточування, підрізання торця та знімання фаски, обробку квадрата і шліфування. Обточування циліндричних хвостовиків в малосерійному виробництві виконується на токарних верстатах, а в багатосерійному і масовому виробництвах – на спеціальних напівавтоматах і автоматах.

Таблиця 3.7

Припуски на шліфування конусів Морзе після
чистового обточування



№ ко- нуса	Конуси з лапкою			Конуси без лапки		
	Після чистового обточування під шліфування					
	l_4	D_2	d_2	D_1	d_1	l_2
0	59,5	9,562-0,10	6,465-0,10	9,562-0,10	6,751-0,10	53,0
1	65,5	12,749-0,10	9,323-0,10	12,749-0,10	9,721-0,10	57,0
2	78,5	18,331-0,10	14,410-0,10	18,331-0,10	14,884-0,10	68,0
3	98,0	24,452-0,15	19,533-0,15	24,452-0,15	15,160-0,15	85,0
4	123,0	32,044-0,15	25,656-0,15	32,044-0,15	26,404-0,15	108,0
5	155,0	45,232-0,15	35,049-0,15	45,232-0,15	37,970-0,15	136,0
6	217,5	64,262-0,20	53,022-0,20	64,262-0,20	54,352-0,20	189,0

Примітка: Розміри l_4 та l_2 дані остаточні.

При виготовленні кінцевих інструментів діаметром до 10 мм використовують одношпindelні пруткові автомати поздовжнього точіння, а при виготовленні інструментів діаметром від 20 до 100 мм при великих партіях виробів – багатшпindelні пруткові автомати.

В табл. 3.8 наведені припуски і допуски на обробку циліндричних робочих частин і хвостовиків кінцевого інструмента, який виготовляється з гарячекатаної сталі.

Обробка квадратів розверток, мітчиків та інших інструментів виконується фрезеруванням, протягуванням або штампуванням.

При невеликій серійності квадрати фрезерують на горизонтально-фрезерних верстатах набором фрез. Заготовки, що обробляються, закріплюються в одно- або багатомісних пристроях. В багатосерійному і масовому виробництвах квадрати обробляють на спеціальних протяжних верстатах, штамнують на ексцентрикових автоматизованих верстатах або фрезерують на вмонтованих в автоматичні лінії автоматизованих горизонтально-фрезерних верстатах.

Після термічної обробки циліндричні поверхні кінцевого інструмента шліфують на круглошліфувальних і безцентровошліфувальних верстатах.

Таблиця 3.8

Припуски і допуски на обробку циліндричних частин і кінцевого інструмента (мм на діаметр)

Діаметр кінцевого інструмента, мм	Чорнова обробка		Чистова обробка під шліфування					
	Довжина інструмента, мм							
	до 50		до 120		120–260		260–500	
	припуск	допуск	припуск	допуск	припуск	допуск	припуск	допуск
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5–6	1,2	–0,2	0,30	–0,1	0,35	–0,1	0,40	–0,15
6–10	1,3	–0,2	0,35	–0,1	0,35	–0,1	0,40	–0,15
10–18	1,5	–0,2	0,35	–0,1	0,40	–0,1	0,45	–0,15
18–30	1,6	–0,3	0,40	–0,15	0,45	–0,1	0,50	–0,15
30–50	1,8	–0,3	0,45	–0,15	0,50	–0,15	0,55	–0,2
50–80	2,0	–0,4	0,55	–0,2	0,60	–0,2	0,65	–0,2
80–120	2,0	–0,4	0,60	–0,2	0,65	–0,2	0,70	–0,2

Закінчення табл. 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
120-180	2,2	-0,5	0,70	-0,2	0,75	-0,2	0,80	-0,2
180-260	2,5	-0,5	0,80	-0,2	0,85	-0,2	0,90	-0,2

Контрольні запитання

1. Дайте характеристику формам центрових отворів.
2. Дайте характеристику способам обробки центрових отворів.
3. Назвіть послідовність операцій при обробці отворів під оправку.
4. Як закріплюються насадні інструменти при шліфуванні отворів?
5. Дайте характеристику способам обробки площин.
6. Назвіть послідовність операцій при обробці циліндричних хвостовиків.
7. Назвіть послідовність операцій при виготовленні конічних хвостовиків.
8. Назвіть послідовність операцій при обробці квадратів мітчиків та інших інструментів.
9. Методи шліфування площин.
10. Способи закріплення насадних інструментів при шліфуванні отворів.

Глава 4

ОСНОВНІ ФОРМОУТВОРЮЮЧІ ОПЕРАЦІЇ

4.1. Загальні відомості

Основні формоутворюючі операції виконуються до термічної обробки і надають інструменту форму, близьку до готового виробу, головним чином шляхом механічної обробки. Трудомісткість основних формоутворюючих операцій складає від 0,25 до 0,5 загальної трудомісткості виготовлення інструмента. До циклу цих операцій входять операції по виготовленню вихідного тіла інструмента та операція по утворенню зубців інструмента. В залежності від типу інструмента його вихідне тіло може бути обмежене зовнішньою або внутрішньою вихідною інструментальною поверхнею. Так у круглій плашки для нарізання різьби вихідна гвинтова поверхня є внутрішньою. У циліндричних фрез вихідна поверхня у формі круглого циліндра є зовнішньою.

Розглядаючи різноманітні металорізальні інструменти можна виділити наступні класи вихідних інструментальних поверхонь: циліндричні поверхні (протяжки, зубонарізні гребінки тощо), поверхні обертання (свердла, зенкери, розвертки, фасонні фрези тощо), гвинтові поверхні (черв'ячні фрези тощо).

Часто при виготовленні вихідного тіла інструмента виникає необхідність розподілити його обробку на попередню та остаточну. Це продиктовано, з однієї сторони, прагненням отримати високу продуктивність, а з іншої – високими вимогами до точності виготовлення та шорсткості поверхні.

При обробці вихідного тіла в масовому і багатосерійному виробництві звичайно використовується спеціальне обладнання, в малосерійному – універсальне. Для обробки вихідного тіла перспективним є використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

4.2. Виготовлення вихідного тіла інструмента

Фасонні циліндричні поверхні, а саме площини, найбільш часто фрезеруються. Площини обробляються циліндричними, торцевими, кінцевими і кутовими фрезами. Фасонні циліндричні поверхні обробляються фасонними фрезами, профіль зубців яких відповідає профілю обробленої поверхні деталі і визначається при профілюванні цього інструмента. В одиничному та малосерійному виробництві використовуються фасонні затилочні фрези, а в багатосерійному і масовому виробництві – фасонні фрези з гострокінцевими зубцями. Ці фрези, в порівнянні з затилочними, мають більше число зубців, заточуються за допомогою спеціальних пристроїв по задній поверхні, мають більш сприятливі величини задніх кутів на різальних кромках. Тому такі фрези мають підвищену стійкість і забезпечують порівняно високу продуктивність обробки.

Для плоского інструмента довжиною до 50 мм відрізається загальна заготовка на декілька штук. Розріз таких заготовок виконується після обробки габаритів набором дискових фрез. З метою підвищення продуктивності використовуються багатомісні пристосування. Так, фрезерування багатозубих деталей проводиться за допомогою одно-, три-, п'яти- та семишпindelних ділильних головок.

Універсальна головка дозволяє:

- 1) почергово повертати оброблювану заготовку на різні кути навколо осі заготовки;
- 2) надавати заготовці безперервного обертового руху.

Кінематична схема настройки лімбової головки для простого ділення зображена на рис. 4.1.

При роботі ділильний диск 1 закріплюють нерухомо і обертають держак 2 до зазделегідь вирахованого отвору на ділильному диску.

$$\frac{N}{Z} = \frac{l}{L},$$

де N – характеристика головки – число, обернене передавальному відношенню черв'ячної передачі;

Z – необхідне число поділок кола заготовки;

l – число отворів, на яке необхідно повернути держак для

отримання однієї поділки;

L – число отворів у вибраному ряді ділильного диска.

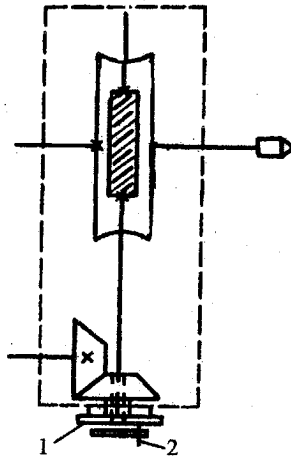


Рис. 4.1. Схема настройки лімбової головки

При розрахунках за формулою необхідно дріб N/Z перетворити так, щоб число Z дорівнювало числу отворів в одному з рядів ділильного диска. Тоді чисельник цього дробу покаже число отворів, на яке необхідно повернути держак при діленні. В спеціальних пристроях використовується більш точний метод безпосереднього ділення за допомогою відповідних ділильних дисків.

Зовнішнє протягування характеризується великою продуктивністю в порівнянні з фрезеруванням і використовується в серійному і багатосерійному виробництві. Протягуються площини, лапки та квадрати хвостовиків, лиски, рифлення, шпонкові пази насадного інструмента, калібруються пази збірних інструментів, протягування здійснюється на горизонтально- і вертикально-протягувальних верстатах. Площини інструментів часто шліфують, а не фрезерують.

Поверхні обертання до термообробки обточуються. Токарна обробка сталевих інструментів проводиться різцями, які оснащені твердими сплавами марок Т5К10, Т15К6. Вона здійснюється на різному обладнанні. В масовому і серійному вироб-

ництві використовується спеціальне обладнання (автомати і напівавтомати), в малосерійному і одиничному – універсальне. Перспективним є використання верстатів з числовим програмним керуванням.

При партіях виробів вище 250 штук доцільно використовувати багатошпindelні патронні напівавтомати моделей 1А240П, 1266ПМ, 1А290П. Для корпусів збірних фрез діаметром понад 160 мм при багатосерійному виробництві рекомендується використовувати вертикальні напівавтомати послідовної дії моделі 1К282. Основна перевага їх полягає в стабільності розмірів, геометричних параметрів та шорсткості оброблених поверхонь, у можливості багатостанкового обслуговування та високої продуктивності праці. Попередня токарна обробка заготовок по зовнішній поверхні проводиться: в патроні (з двох установок) (трикулачковому, двокулачковому, цанговому). Кінцева токарна обробка насадних інструментів проводиться на оправці. Для установки і закріплення інструментів класу "Валики" правлять центри, спеціальні повідкові патрони (рис. 4.2). Центри можуть бути зовнішні (рис. 4.3) та внутрішні, з рифленнями і без них.

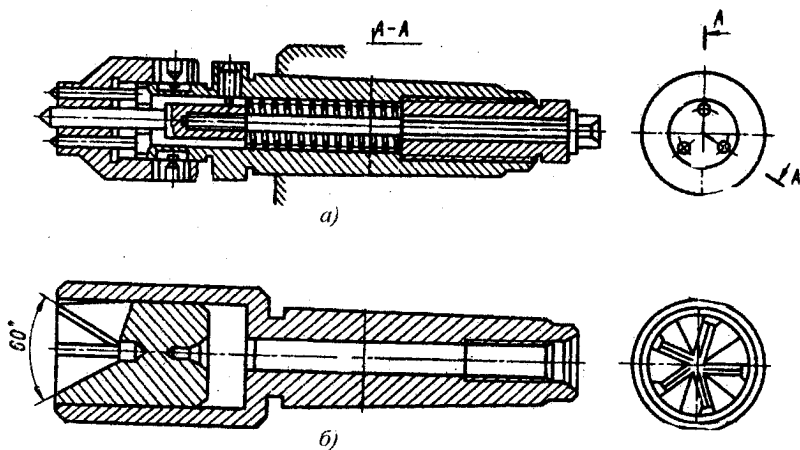


Рис. 4.2. Повідковий патрон

Рифлення, заглиблюючись в заготовку, захоплюють її при обертанні. У цьому випадку інший центр, за допомогою якого

заготовка притискається до рифлень, повинен бути обертовим.

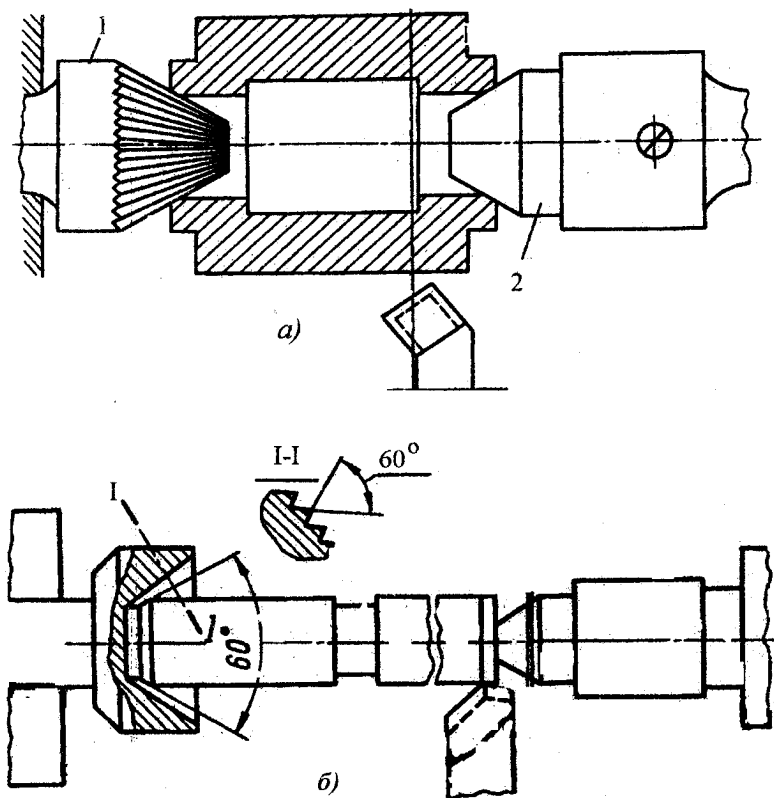


Рис. 4.3. Обточування з використанням рифлень і центрів обертання

Досвід експлуатації внутрішніх центрів показує, що вони можуть не мати рифлень і передавати крутильний момент за рахунок дотику поверхні фаски біля торця заготовки до спряженої поверхні внутрішнього центра.

Припуски та допуски на токарну обробку інструментів подані в табл. 4.1–4.3.

Припуски, подані в табл. 4.3, не поширюються на протяжки.

Таблиця 4.1

Припуски та допуски по діаметру при обробці робочих частин інструмента, що обробляється в центрах, мм

Діаметр робочої частини	Сумарний припуск на чистове обточування та шліфування і допуск на обдирання	Довжина виробу		
		До 120	120–260	260–50
		Припуски на шліфування та допуск на чистове обточування		
6–10	$1,3^{-0,2}$	$0,35^{-0,10}$	$0,4^{-0,10}$	$0,45^{-0,10}$
10–18	$1,5^{-0,2}$	$0,40^{-0,10}$	$0,45^{-0,10}$	$0,50^{-0,10}$
18–30	$1,6^{-0,3}$	$0,45^{-0,15}$	$0,50^{-0,15}$	$0,55^{-0,15}$
30–50	$1,8^{-0,3}$	$0,50^{-0,15}$	$0,55^{-0,15}$	$0,60^{-0,15}$
50–80	$2,0^{-0,4}$	$0,60^{-0,20}$	$0,65^{-0,20}$	$0,70^{-0,20}$

Таблиця 4.2

Припуски та допуски по діаметру при обробці насадного інструмента з гострокінцевими зубцями, мм

Діаметр виробу	Сумарний припуск на чистове обточування та шліфування і допуск на обдирання	Припуск на шліфування та допуск на чистове обточування під шліфування		
		Довжина виробу		
		До 260	До 30	30–120
30–50	$1,7^{-0,3}$	$0,40^{-0,15}$	$0,45^{-0,15}$	$0,50^{-0,15}$
50–80	$1,8^{-0,4}$	$0,50^{-0,20}$	$0,55^{0,20}$	$0,60^{-0,20}$
80–120	$12,0^{-0,5}$	$0,60^{-0,20}$	$0,65^{-0,20}$	$0,70^{-0,20}$
120–180	$2,2^{-0,5}$	$0,70^{-0,30}$	$0,75^{-0,30}$	$0,80^{-0,30}$

Для затілених фрез із нешліфованим профілем сумарний припуск на чистове обточування та затилування вибирається на 0,2–0,3 мм меншим у порівнянні з фрезами зі шліфованим профілем. Обточування фасонних поверхонь обертання, наприклад, задніх поверхонь круглих фасонних різців, виконується по копіру на верстатах з ЧПК або фасонними різцями. Фасонні різці доцільно використовувати в масовому виробництві.

Можна вести обточування одним фасонним різцем по всій довжині деталі декількома різцями, розбиваючи її при цьому на ряд ділянок. В останньому випадку різці будуть простіші, їх легше виготовити, до того ж підвищується їх стійкість. Ширину окремих різців необхідно вибирати так, щоб один різець перекривав інший.

Таблиця 4.3

Припуски та допуски по діаметру при обробці
затиловочних фрез із шліфованим профілем, мм

Номи- наль- ний діаметр фрези	Сумарний припуск на чистове обто- чування, затилуван- ня, шліфування та допуск на обдирання		Сумарний при- пуск на затилуван- ня та шліфування і допуск на чистове обточування		Припуск на шліфування та допуск на затилування	
	Дискові фрези	Черв'ячні фрези	Дискові фрези	Черв'ячні фрези	Дискові фрези	Черв'ячні фрези
До 50	2 ^{-0,3}	2,3 ^{-0,3}	0,8 ^{-0,15}	1,0 ^{-0,2}	0,6 ^{-0,3}	0,7 ^{-0,3}
50–80	2,2 ^{-0,4}	2,5 ^{-0,5}	1,0 ^{-0,2}	1,1 ^{-0,3}	0,6 ^{-0,3}	0,7 ^{-0,3}
160–120	2,5 ^{-0,5}	3,0 ^{-0,5}	1,2 ^{-0,2}	1,3 ^{-0,3}	0,8 ^{-0,4}	0,8 ^{-0,4}
120–180	2,7 ^{-0,5}	3,5 ^{-0,5}	1,3 ^{-0,3}	1,6 ^{-0,4}	1,0 ^{-0,5}	1,0 ^{-0,5}
Понад 180	3,0 ^{-0,5}	4,0 ^{-0,5}	1,5 ^{-0,3}	1,8 ^{-0,4}	1,1 ^{-0,5}	1,2 ^{-0,6}

Гвинтові поверхні з невеликим кутом підймання обробляються точінням, фрезеруванням, накочуванням, шліфуванням.

Нарізання різьби на мітчиках, а також обробка вихідного черв'яка на заготовках черв'ячних фрез з модулем 1–2 мм виконується на напівавтоматичних токарно-гвинторізних верстатах різьбовими різцями або гребінками. Продуктивність при нарізанні різьби гребінками підвищується приблизно в 2 рази у порівнянні з різцями. При нарізанні різьби різцями часто комбінують бокові нарізання при чорнових проходах з радіальним врізанням при чистових проходах. Кут профілю різців для нарізання різьби під шліфування беруть на 1–1°30' меншим за кут профілю різьби.

Різьбу великої довжини і значного кроку нарізають дисковими фрезами, профіль яких відповідає профілю різьби, що нарізається. Дискові різьбові фрези проектується з різнонаправленими гострозаточеними зубцями, які чергуються. Такі фрези мають велике число зубців, працюють спокійно і дають малу шорсткість обробленої поверхні. Різьбу можна також нарізати точінням за методом обкатування чашковими різцями. Цей спосіб характеризується високою продуктивністю, дозволяє проводити обробку за один прохід, але вимагає спеціального інструмента та верстата.

В масовому та багатосерійному виробництві використо-

ується наочухвання різьби мітчиків з діаметром до 50 мм на різьбонакатувальних верстатах роликми. Діаметр роликів вибирається в межах 120–235 мм і залежить від діаметра мітчика та конструктивних розмірів різьбонакатувального верстата. Накаткування проводиться зі швидкістю 25–30 м/хв за 10–25 обертів мітчика, до того ж 20–30 % обертів дається на виходжування. Робоча частина заготовок перед накатуванням шліфується на безцентрово-шліфувальному або круглошліфувальному верстатах. Діаметр заготовки приблизно дорівнює середньому діаметру різьби мітчика та уточнюється після накатування зразків, які досліджувались. Для шліфування сталевих мітчиків діаметром до 27 мм та твердосплавних нарізають різьбу шліфуванням, однитковим або багатонитковим кругом. Точну різьбу спочатку шліфують багатонитковим кругом, а в кінці – однитковим. Припуски і допуски на нарізання та шліфування різьби мітчиків наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Припуски і допуски на нарізання та шліфування різьби мітчиків

Номинальні розміри різьби		Нешліфована різьба				Шліфована різьба			
		Попереднє нарізання різьби різцем або гребінкою				Попереднє нарізання різьби багатонитковим кругом під шліфування		Попереднє шліфування або нарізання різьби однитковим кругом під кінцеве шліфування	
		під кінцеве нарізання		під шліфування					
Зовнішній діаметр	Крок	Припуск на кінцеве нарізання різьби різцем та допуск на попереднє нарізання		Сумарний припуск на попереднє та кінцеве шліфування загартованих виробів однитковим кругом та допуски на попереднє нарізання				Припуск на кінцеве шліфування різьби та допуски на попереднє шліфування	
		Припуск і допуск на середній діаметр, мм	Попереднє відхилення на половину кута	Припуск і допуск на середній діаметр, мм	Граничне відхилення на половину кута	Припуск і допуск на середній діаметр, мм	Граничне відхилення на половину кута	Припуск і допуск на середній діаметр, мм	Граничне відхилення на половину кута профілю, хв
5–7	0,8–1	1,13 ^{+0,08}	±60	0,28 ^{+0,06}	±60	0,17 ^{+0,05}	±60	0,05 ^{+0,02}	±45
8–11	1,25–1,5	0,15 ^{+0,07}	±50	0,30 ^{+0,07}	±50	0,20 ^{+0,05}	±50	0,06 ^{+0,03}	±38
12–1	1,75–2	0,17 ^{+0,08}	±40	0,30 ^{+0,06}	±40	0,24 ^{+0,06}	±40	0,07 ^{+0,03}	±30
18–2	2,5–3	0,21 ^{+0,09}	±40,3	0,45 ^{+0,09}	±40	0,30 ^{+0,07}	±40	0,08 ^{+0,04}	±30
30–3	3,5–4	0,25 ^{+0,1}	±30	0,55 ^{+0,1}	±30			0,09 ^{+0,03}	±25

Примітка: Для мітчиків першої мілкої різьби табличні припуски домножуються на 0,92, а для іншої – на 0,85.

4.3. Утворення зубців інструмента

4.3.1. Загальні відомості

В залежності від конструкції інструмента всі операції з обробки зубців можна умовно поділити на чотири формуючі групи:

- обробку стружкових канавок;
- обробку пазів для ножів збірних інструментів;
- обробку площин зубців та гнізда під пластини твердого сплаву;
- обробку поверхонь затилування.

Кожна з розглянутих груп може виконуватись як методом обробки металів різанням, так і іншими методами (пластичного деформування, порошкової металургії, електрофізичними тощо).

Вибір методу обробки зубців визначається типом виробництва (масове, багатосерійне, серійне, малосерійне, одиничне), технічним рівнем і можливостями конкретного виробництва, матеріалом, конструкцією та габаритними розмірами інструмента.

Стружкові канавки різального інструмента бувають кільцевими, прямими, гвинтовими і можуть розташовуватись на циліндричних, конічних, фасонних та плоских поверхнях.

Кільцеві канавки характерні для інструментів типу внутрішніх протяжок, круглий циліндр – для плашок, прямі та гвинтові – для багатолезового кінцевого і насадного інструмента (свердла, фрези, мітчики, розвертки, зенкери тощо), а також для пазів збірного інструмента, гребінок, плоских протяжок та ін.

Обробка кільцевих канавок здійснюється на універсальних токарно-гвинторізних верстатах та верстатах з ЧПК.

Канавки круглих плашок в серійному та багатосерійному виробництвах свердляться на багатошпиндельних і агрегатних верстатах, а в індивідуальному та малосерійному – вертикально-свердлувальних верстатах.

Обробка прямих та гвинтових стружкових канавок звичайно проводиться фрезеруванням, шліфуванням, протягуванням та методами пластичної деформації.

Канавки інструментів порівняно малих розмірів (малі мітчики, свердла, розвертки тощо) обробляються шліфуванням.

В індивідуальному і малосерійному виробництві фрезерування прямих стружкових канавок та пазів проводиться на горизонтально-фрезерних верстатах, а гвинтових канавок – на універсально-фрезерних верстатах з використанням універсальної ділильної головки та простої головки зі змінними дисками.

В умовах багатосерійного та масового виробництва фрезерування стружкових канавок і пазів під ножі проводиться з використанням багатошпindelних ділильних головок та спеціалізованих верстатів.

При роботі багатошпindelними головками фрези повинні мати однакові діаметри. Відстані між фрезами на оправці повинні відповідати відстаням між шпindelями ділильної головки, що досягається за допомогою встановлювальних кілець.

Для обробки стружкових канавок та пазів у багатолезових інструментів діаметром до 20 мм є спеціалізовані фрезерні напівавтомати, які дозволяють фрезерувати як прямі, так і гвинтові канавки. Обробка канавок та пазів інструментів понад 20 мм проводиться на напівавтоматах, які призначені для фрезерування тільки прямих або гвинтових канавок.

Операції фрезерування стружкових канавок та пазів під ніжки характеризуються великою кількістю переходів і складністю циклу обробки, а також високими вимогами до точності обробки інструмента, шорсткості його поверхні (не грубішою $R_z = 20$ мкм) та жорсткістю системи СПД.

4.3.2. Фрезерування зубців на циліндричній поверхні

Форма зубців на циліндричній поверхні можливих інструментів може бути різноманітною. Вони можуть мати профіль, обмежений прямими, з відповідними заокругленнями гострих кутів по дузі кола. Профіль зуба може бути також криволінійний. Зубці на циліндричній поверхні можуть бути прямими, нахиленими і гвинтовими. Найбільшого розповсюдження на можливих інструментах отримали прямі зубці, профіль яких є прямолінійним з заокругленням у западині. При обробці таких канавок використовують одно- або двокутові фрези, право- та ліворізальні.

Однокутові фрези виготовляються з кутом конуса від 56°

до 90° через кожні 5° . Для фрезерування канавок затілених прямокутних фрез використовуються одно- або двокуткові фрези з симетричним профілем з кутами конуса, рівними 18, 22, 28 і 30° . В порівнянні з однокутковими фрезами двокуткові фрези мають більшу стійкість і забезпечують меншу шорсткість обробленої поверхні. Двокуткові фрези виготовляються із загальним кутом конуса в межах 55° – 100° через кожні 5° , до того ж менший кут береться в межах 15 – 25° .

На рис. 4.4 зображена схема розташування двокуткової фрези по відношенню до заготовки при обробці прямих канавок. Положення фрези в цьому випадку характеризується величинами X та Y . Величини X та Y залежать від переднього кута γ , діаметра D заготовки, глибини канавки, що фрезерується, h , радіуса заокруглення дна канавки r , кутів профілю φ_1 та φ_2 двокуткової фрези. Фреза проектується або вибирається за нормаллями так, щоб її профіль співпадав з профілем канавки. В цьому випадку вісь фрези повинна бути розміщена перпендикулярно до осі заготовки. Задану канавку можна обробляти фрезами з різними величинами кутів φ_1 та φ_2 , в яких сума цих кутів $\varphi_1 + \varphi_2$, була б однаковою і дорівнювала б куту профілю обробленої канавки. Діаметр фрези не впливає на форму обробленої канавки і може вибиратися незалежно від її профілю. На рис. 4.4. зображений профіль канавки, обмежений прямими АЕ та ВЕ із заокругленням у западині радіусом r . Лінія АЕ відповідає профілю передньої поверхні та йде під переднім кутом γ до радіусу ОА. Висота канавки, яка дорівнює відріжку АВ, позначена через h .

Величини X та Y , що характеризують положення фрези по відношенню до заготовки, визначаються за наступними формулами:

$$X = R \sin(\varphi_1 + \gamma) - h \cdot \frac{\sin(\varphi_1 + \varphi_2 + \gamma) \sin \varphi_1}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)} - r \cdot \frac{\sin \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}}{\sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}};$$

$$Y = R \left[1 - \cos(\varphi_1 + \gamma) \right] + h \frac{\sin(\varphi_1 + \varphi_2 + \gamma) \cos \varphi_1}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)} +$$

$$+ r \cdot \left(1 - \frac{\cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}}{\sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}} \right).$$

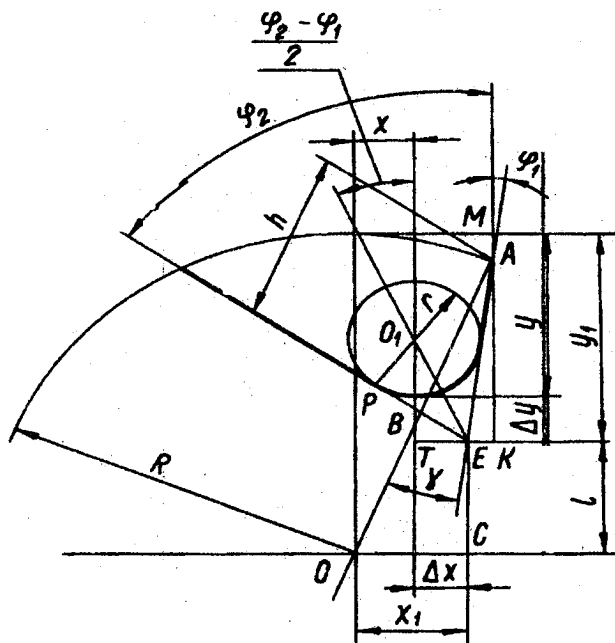


Рис. 4.4. Схема установки двукутовой фрезы

Для обработки канавок однокутовыми фрезами, в яких $\varphi_1 = 0$, матимемо:

$$X = R \sin \gamma - r;$$

$$Y = R(1 - \cos \gamma) + h \frac{\sin(\varphi + \gamma)}{\sin \varphi} + r \left(1 - \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} \right).$$

Передній кут фрезерованої передньої поверхні доцільно робити на $2-10^\circ$ більшим, ніж у готової заготовки з метою зменшення припуску на подальше заточування та уникнення утворення уступу на передній поверхні після заточування.

4.3.3. Фрезерування стружкових канавок на конічній поверхні

При виготовленні конічних розверток, зенкерів, кутових фрез та інших подібних інструментів необхідно обробляти стружкові канавки, розміщені на конічній поверхні.

Розглянемо фрезерування стружкових канавок з переднім кутом $\gamma = 0$, коли різальні кромки зубців розміщуються по твірних конічної поверхні. Будемо вважати, що обробка ведеться однокутовою фрезою, кут профілю якої дорівнює θ . Схема фрезерування зубців з $\gamma = 0$ на конічній поверхні наведена на рис. 4.5.

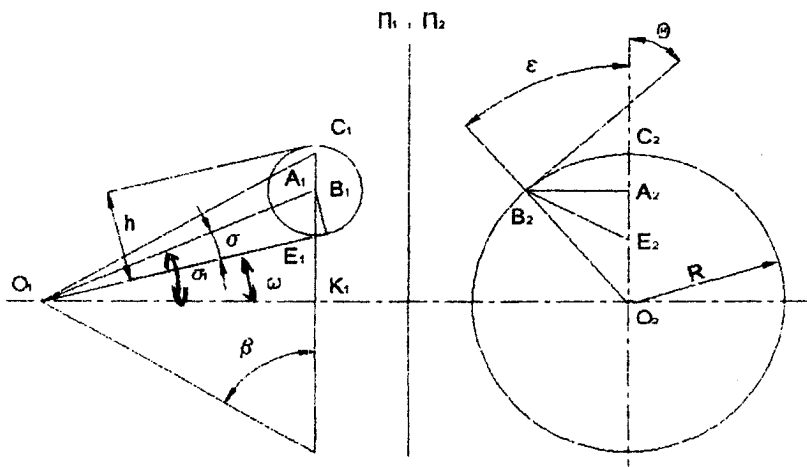


Рис. 4.5. Схема фрезерування зубців з $\gamma = 0$ на конічній поверхні

В системі площин проекцією Π_1, Π_2 зображена вихідна інструментальна конічна поверхня з кутом β при основі. Пло-

щина Π_2 проходить перпендикулярно до осі O конічної поверхні, а площина Π_1 проходить паралельно передній площині канавки, яка фрезерується. Зображена різальна кромка OC та суміжна з нею різальна кромка OB . Кут між проекцією O_2C_2 та O_2B_2 дорівнює ε – кутовому кроку зубців:

$$\varepsilon^\circ = \frac{360}{Z},$$

де Z – число зубців, що фрезеруються.

З точки B проводимо перпендикуляр BA на передню площину P та вважаємо його віссю однокутової фрези, за допомогою якої обробляються стружкові канавки. Зобразимо конічну поверхню “умовної” однокутової фрези з кутом профілю θ та віссю BA . З точки O вершини конічної поверхні фрези, що обробляється проводимо площину, дотичну до поверхні “умовної” однокутової фрези, яка буде затилочною площиною фрезерної канавки. Розглянуті змінні площини фрезеруючої канавки фрезеруються по прямій OE . Положення прямої OE характеризується кутом ω . У відповідності з графічним рішенням отримуємо:

$$\omega = \delta_1 - \delta_2;$$

$$tg \delta = ctg \beta \cos \varepsilon;$$

$$\sin \delta_2 = tg \varepsilon \operatorname{ctg} \theta \sin \delta_1.$$

Найбільша глибина фрезерування рівна:

$$h = \frac{R \cos(\beta + \omega)}{\cos \beta},$$

а висота зуба по торцю дорівнює:

$$H = \frac{h}{\cos \omega}.$$

При фрезеруванні стружкової канавки головку повертають на кут ω навколо осі, перпендикулярної до площини Π_1 , встановлюють пряму O_2E в горизонтальне положення,

паралельне подачі кутової фрези.

При обробці суміжних площин може бути заданий профіль стружкової канавки на торці фрези. При цьому необхідно визначити, якою кутовою фрезою стружкову канавку, що розглядається, можна обробити. В цьому випадку в системі площин проекції Π_1, Π_2 (рис. 4.6) зобразимо кіничну вихідну інструментальну поверхню фрези, яка проектується з вершиною в точці O . В проекції на площину Π_2 , яка йде перпендикулярно до осі фрези, у натуральну величину зобразимо заданий профіль $A_2C_2B_2$ стружкової канавки висотою H з кутом профілю δ . Лінії AO та OB будуть різальними кромками суміжних зубців фрези, що проектується, з $\gamma = 0$. Лінія OC буде лінією перетину суміжних площин стружкової канавки. Її положення характеризується кутом τ . Будемо вважати, що вісь кутової фрези, яка обробляє суміжні площини стружкової канавки, проходить перпендикулярно до площини Π_1 . За властивостями загальних нормалей, у цьому випадку профіль кутової фрези буде лінією перетину суміжних площин стружкової канавки з площиною N , яка проходить перпендикулярно до прямої OC . Для того щоб визначити профіль кутової фрези, введена система Π_1, Π_3 площин проекцій. Площина Π_3 проведена паралельно до площини N . За правилом зміни площин, визначаються проекції точок A_1B_1C на площину Π_3 . Проекція $A_3C_3B_3$ буде профілем шуканої кутової фрези.

У відповідності з графічним рішенням отримаємо:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{R - H}{R \operatorname{tg} \beta} = \frac{\operatorname{ctg} \beta \sin(\delta - \varepsilon)}{\sin \delta};$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \tau};$$

$$H = R \left[1 - \frac{\sin(\delta - \varepsilon)}{\sin \delta} \right].$$

Розглянемо фрезерування стружкових канавок з переднім кутом $\gamma \neq 0$, коли різальні кромки зубців співпадають з твірними кіничної вихідної інструментальної поверхні розроблюваного інструмента.

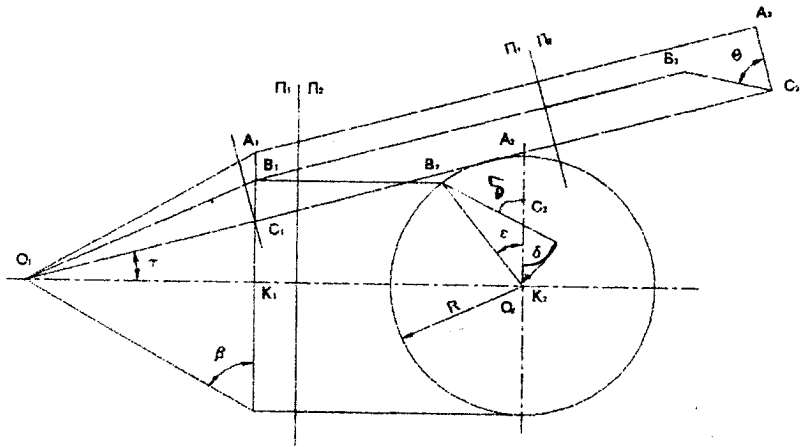


Рис. 4.6. Визначення профілю кутової фрези при $\gamma \neq 0$

Будемо вважати, що заданий профіль стружкової канавки розроблюваного інструмента на його торці (рис. 4.7). В системі площин проекції Π_1/Π_2 зображаємо конічну вихідну інструментальну поверхню інструмента, що проектується з вершиною в точці O . В проекції на площину Π_2 , яка проходить перпендикулярно до осі інструмента, у натуральну величину зображується заданий профіль $A_2C_2B_2$ стружкової канавки. Положення та форма профілю $A_2C_2B_2$ визначається величиною переднього кута γ , кута β профілю стружкової канавки та висотою H . Лінії OA та OB будуть різальними кромками інструмента, який проектується. Лінія OC буде лінією перерізу суміжних площин стружкової канавки. Визначимо кут профілю стружкової канавки в перерізі N , перпендикулярному лінії OC . Для цього введемо систему площин проекції Π_1/Π_3 . Площину Π_3 проведемо паралельно до прямої OC . Далі введемо систему площин проекції Π_3/Π_4 . Площину Π_4 проведемо перпендикулярно до прямої OC . За правилом зміни площин проекції, визначаємо проекцію профілю ABC на площину Π_3 , а потім – на площину Π_4 . Проекція $A_4C_4B_4$ профілю ABC на площину Π_4 буде визначати кут θ профілю стружкової канавки в площині N , перпендикулярній до прямої OC – лінії перетину суміжних площин.

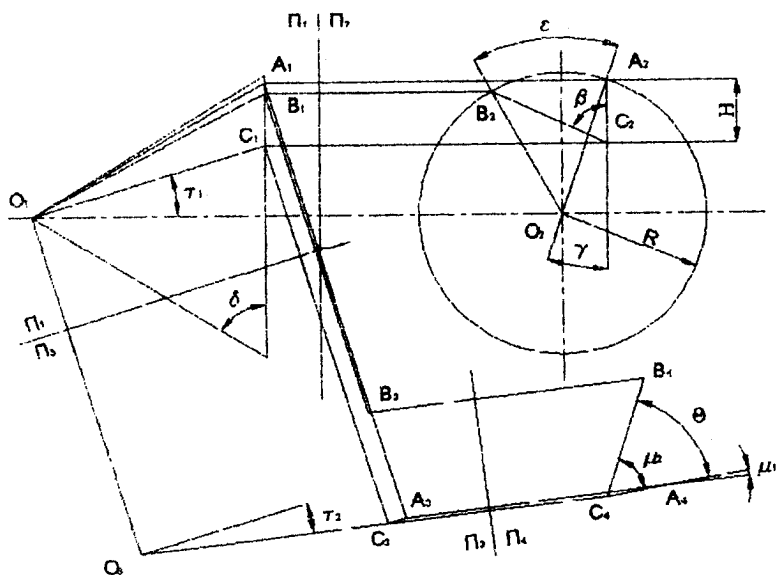


Рис. 4.7. Визначення профілю кутової фрези при $\gamma \neq 0$

При фрезеруванні стружкової канавки, що розглядається, вісь однокутової фрези встановлюється в площині N і кут її профілю буде дорівнювати куту θ . Подача фрези повинна йти вздовж прямої OC .

У відповідності з розглянутим графічним рішенням, отримаємо:

$$\operatorname{tg} \tau_1 = \frac{R \cos \gamma - H}{R \operatorname{tg} \beta};$$

$$\operatorname{tg} \tau_2 = \operatorname{ctg} \beta \cdot \sin \gamma \cdot \cos \tau_1;$$

$$\operatorname{tg} \mu_1 = \operatorname{tg} \tau_1 \cdot \sin \tau_2;$$

$$\operatorname{tg} \mu_2 = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \tau_2 \cos \tau_1} + \operatorname{tg}_1 \cdot \sin \tau_2;$$

$$\theta = \mu_2 - \mu_1.$$

Розглянемо обернену задачу. Будемо вважати, що вибрана однокутова фреза, якою проводиться обробка суміжних площин на інструменті, що проектується. Задано кут профілю θ од-

нокутової фрези. Необхідно визначити розміри стружкової канавки інструмента, який обробляється. Схема фрезерування зубців з $\gamma \neq 0$ на конічній поверхні наведена на рис. 4.8.

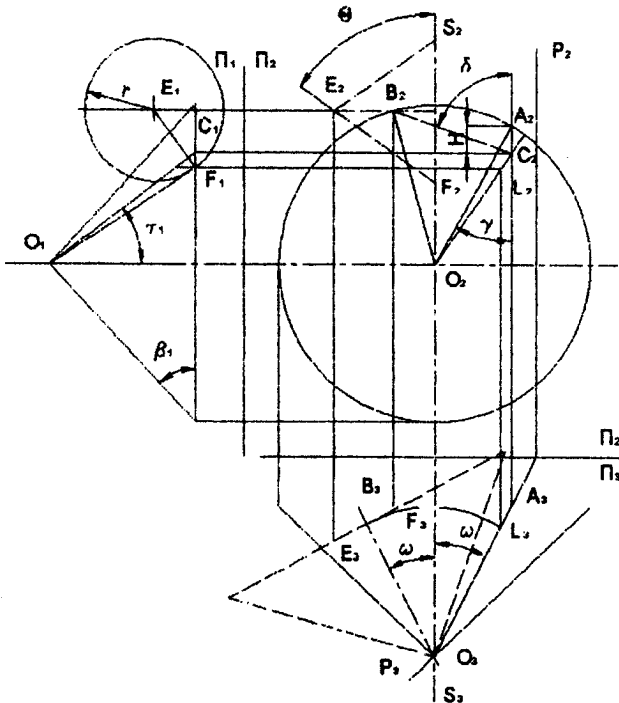


Рис. 4.8. Схема фрезерування зубців з $\gamma \neq 0$ на конічній поверхні

В системах площин проекції Π_1/Π_2 та Π_2/Π_3 зображені вихідна інструментальна конічна поверхня з кутом β при основі, різальна кромка OA та суміжна з нею різальна кромка OB . Кут між проекціями O_2A_2 та O_2B_2 різальних кромки на площину Π_2 дорівнює ε – кутовому кроку зубців:

$$\varepsilon = \frac{360}{Z},$$

де Z – число зубців, що фрезеруються.

Обертанням навколо осі вихідної інструментальної по верхні передня площина P різальної кромки AO встановлена в

положення, перпендикулярне до площини Π_3 . Передню площину P обертаємо навколо осі, яка проходить через вершину O вихідної інструментальної поверхні, перпендикулярну до площини Π_3 . Кут повороту площини P позначений ω . В результаті цього повороту площина P суміщається з площиною S , паралельною до площини Π_1 , а точка B переходить в точку E . З точки E проводимо перпендикуляр BE до площини S , який вважаємо віссю кутової фрези, за допомогою якої обробляється стружкова канавка. Зображуємо конічну поверхню “умовної” однокутової фрези з кутом профілю θ та віссю BE . З площиною S' ця поверхня перетинається по колу радіуса r .

Дотична OF до цього кола, проведена через вершину конуса O і яка лежить в площині S , буде лінією перетину суміжних площин оброблюваної стружкової канавки в поверненому положенні заготовки.

Обертаємо лінію OF в зворотному напрямку на кут ω . В результаті цього обертання точка F переміщається в точку L , розташовану в передній площині P . Лінія OL буде лінією перетину суміжних площин в початковому положенні вихідної інструментальної конічної поверхні.

З торцевою площиною лінія OL перетинається в точці C . Тому профілем стружкової канавки в торцевому перерізі буде лінія $A_2C_2B_2$. Кут профілю в торцевому перерізі буде δ , а глибина стружкової канавки – H .

Визначимо кути установки заготовки при фрезеруванні зубців однокутовою фрезою та з кутом профілю, який дорівнює θ , базуючись на графічному рішенні задачі, що розглядається (рис. 4.9).

Перший поворот заготовки здійснимо навколо осі, перпендикулярної до площини Π_3 і яка проходить через вершину O конічної вихідної інструментальної поверхні розроблюваного інструмента. В результаті першого повороту встановимо передню площину P в положення, паралельне площині проєкції Π_1 , тобто сумістимо її з площиною S .

За побудовою кут ω_1 цього повороту дорівнює:

$$\operatorname{tg} \omega_1 = \frac{\sin \gamma}{\operatorname{tg} \beta} = \operatorname{ctg} \beta \cdot \sin \gamma.$$

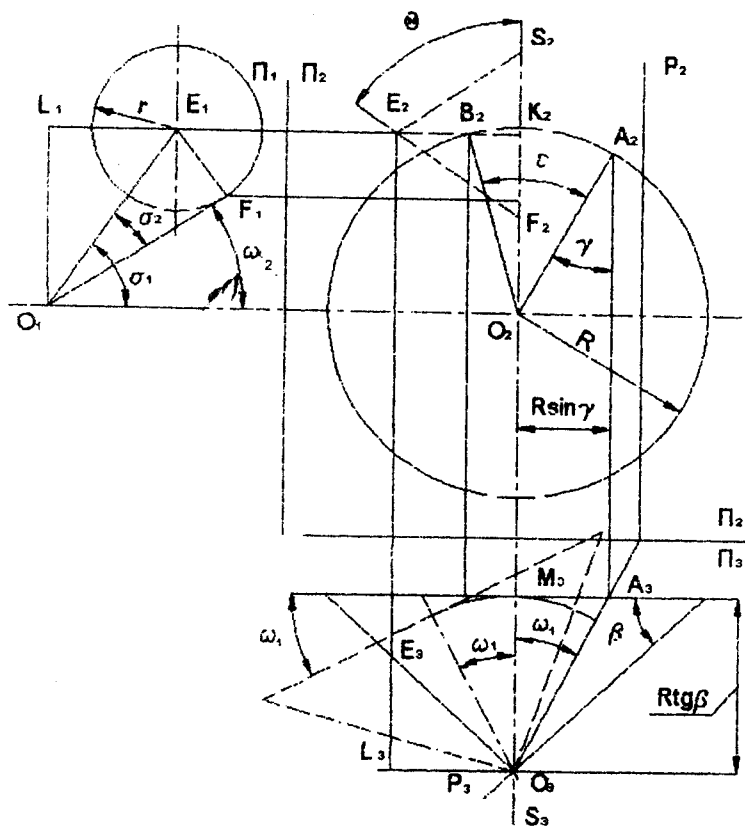


Рис. 4.9. Визначення кутів установки заготовки при фрезеруванні зубців на конічній поверхні

Другий поворот заготовки здійснимо навколо осі, перпендикулярної до площини Π_1 і яка проходить через вершину O конічної поверхні. Під час цього повороту на кут ω_2 пряму OF встановимо в положення, перпендикулярне до площини Π_2 . При цьому площина S буде ковзати “сама по собі” і залишиться паралельною до площини Π_1 .

Прийемо, що вісь однокутової фрези буде проходити

перпендикулярно до площини Π_1 , а її подача буде перпендикулярною до площини Π_2 , тобто проходити паралельно до прямої OF, яка є лінією перегину суміжних площин стружкової канавки, що фрезерується. При розглянутому встановленні однокутова фреза з кутом профілю θ профрезерує задану стружкову канавку. За побудовою будемо мати:

$$\begin{aligned} B_2 K_2 &= R \sin(\varepsilon - \gamma); \\ E_3 M_3 &= R \sin \varpi + R \sin(\varepsilon - \gamma); \\ E_2 K_2 &= E_3 M_3 \cos \omega_1 [\sin \omega_1 + \sin(\varepsilon - \gamma)]; \\ r &= E_1 F_1 = E_2 K_2 \cdot \operatorname{ctg} \theta; \\ L_3 E_3 &= L_1 E_1 = R [tg \beta \cos \omega_1 - \sin(\varepsilon - \gamma) \sin \omega_1]; \\ tg \delta_1 &= \frac{R \cos(\varepsilon - \gamma)}{R [tg \beta \cos \omega_1 - \sin(\varepsilon - \gamma) \sin \omega_1]}; \\ \sin \delta_2 &= \frac{\cos \omega_1 [\sin \omega_1 + \sin(\varepsilon - \gamma)] \operatorname{ctg} \theta \cdot \sin \sigma_1}{\cos(\varepsilon - \gamma)}; \\ \omega_2 &= \sigma_1 - \sigma_2. \end{aligned}$$

Таким чином, розрахунок кутів установки заготовки при фрезеруванні зубців на конічній поверхні однокутовою фрезею ведеться за формулами:

$$\begin{aligned} tg \omega_1 &= \operatorname{ctg} \beta \cdot \sin \gamma; \\ tg \sigma_1 &= \frac{\cos(\varepsilon - \gamma)}{tg \beta \cos \omega_1 - \sin(\varepsilon - \gamma) \sin \omega_1}; \\ \sin \sigma_2 &= \frac{\cos \omega_1 [\sin \omega_1 + \sin(\varepsilon - \gamma)] \operatorname{ctg} \theta \cdot \sin \delta_1}{\cos(\varepsilon - \gamma)}; \\ \omega_2 &= \sigma_1 - \sigma_2. \end{aligned}$$

В даному випадку при $\gamma = 0$ будемо мати:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= 0; \quad tg \sigma_1 = \operatorname{ctg} \beta \cdot \cos \varepsilon; \\ \sin \sigma_2 &= tg \varepsilon \operatorname{ctg} \theta \sin \delta_1, \\ \omega_2 &= \omega_1 - \omega_2. \end{aligned}$$

4.3.4. Фрезерування зубців на торці

Ряд інструментів (фрези кінцеві, однокутові, суцільні торцеві, дискові тристоронні та ін.) мають стружкові канавки і відповідно різальні кромки на торці. Тому виникає задача визначення кутів установки відповідних пристосувань при фрезеруванні стружкових канавок на торці.

Графічне рішення цієї задачі наведено на рис. 4.10. Зображена торцева площина інструмента, який обробляється, співпадає з площиною P_2 . Приймаємо, що різальна кромка OA , розташована на торці інструмента, має передній кут γ і лежить в передній площині P . Положення різальної кромки OB суміжного зуба визначається кутом ε , який проектується у натуральну величину на площину P_1 .

Перший поворот заготовки здійснюється навколо осі OA і передня площина P співпадає з площиною S . Кут θ_A першого повороту, що розглядається, дорівнює $\theta_A = \gamma$.

В результаті повороту заготовки на кут θ_A точка B різальної кромки OB займе положення на прямій OE . Прийmemo, що вісь однокутової фрези буде лінією EK . Тоді торець однокутової фрези буде торкатися передньої площини в її поверненому положенні і формувати передню поверхню.

Для того щоб визначити другий кут установки, вводиться нова система площин проекції P_1/P_3 . Площина P_3 проводиться паралельно передній площині в її поверненому положенні, тобто паралельно до площини S . На площині P_3 зображається коло з центром в точці K , радіус якого дорівнює L_1K_1 . Це коло обмежує торець фрези, яка розглядається і за допомогою якої обробляється стружкова канавка на торці інструмента. Лінія OF буде дном стружкової канавки, тобто лінією перетину плоских поверхонь, які обмежують стружкову канавку інструмента на його торці.

Поворотом на кут θ_B лінія OF встановлюється в положення, паралельне площині P_1 та паралельне до напрямку подачі однокутової фрези, за допомогою якої обробляється стружкова канавка.

За побудовою кут θ_B буде дорівнювати:

$$\theta_B = \sigma_1 - \sigma_2.$$

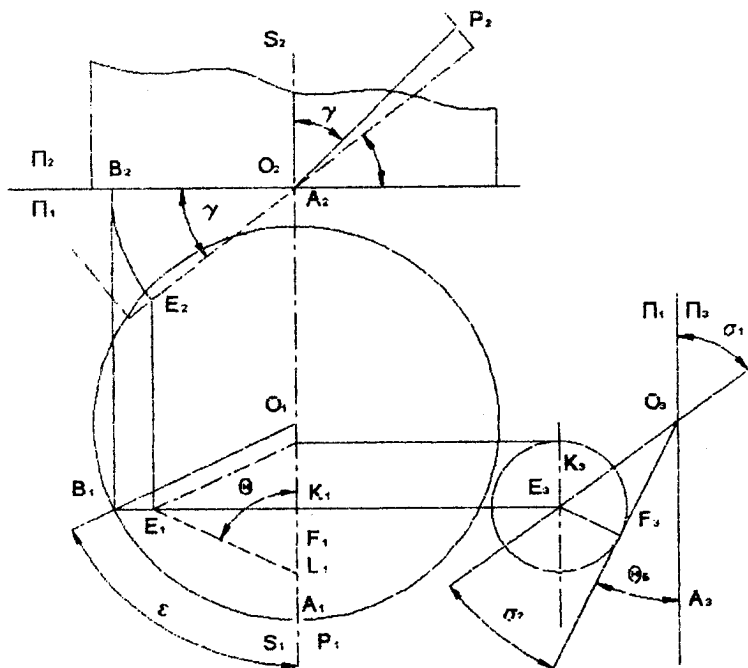


Рис. 4.10. Фрезерування зубців на торці

Таким чином, при фрезеруванні зубців на торці інструмента однокутовою фрезою з кутом профілю θ заготовка повертається навколо різальної кромки на кут $\theta_A = \gamma$, а потім – навколо осі, перпендикулярної до різальної кромки інструмента, що проектується на кут θ_B . Вісь однокутової фрези повинна проходити перпендикулярно до різальної кромки стружкової канавки, що обробляється.

Розглядаючи графічне рішення, отримаємо (рис. 4.11):

$$\begin{aligned} \theta_A &= \gamma, \\ E_1K_1 &= M_2O_2 = R \sin \varepsilon \cos \gamma; \\ M E_2 &= R \sin \varepsilon \cdot \sin \gamma = O_3C_3; \\ L_1K_1 &= R \cdot \cos \gamma \cdot \operatorname{ctg} \theta \sin \varepsilon; \\ O_1K_1 &= R \cos \varepsilon; \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \sigma_1 = \frac{\sin \varepsilon \sin \gamma}{\cos \varepsilon};$$

$$O_3 E_3 = \frac{R \cos \varepsilon}{\cos \delta_1};$$

$$\sin \sigma_2 = \frac{\sin \varepsilon \cdot \cos \gamma \cdot \operatorname{ctg} \theta \cdot \operatorname{ctg} \theta \cdot \cos \sigma_1}{\cos \varepsilon} =$$

$$= \operatorname{tg} \varepsilon \cos \gamma \operatorname{ctg} \theta \cdot \cos \sigma_1;$$

$$\theta_B = \sigma_1 - \sigma_2.$$

Частинний випадок:

$$\gamma = 0; \theta_A = 0; \sigma_1 = 0; \sin \theta_B = \sin \sigma_2 = \operatorname{tg} \varepsilon \cdot \operatorname{ctg} \theta.$$

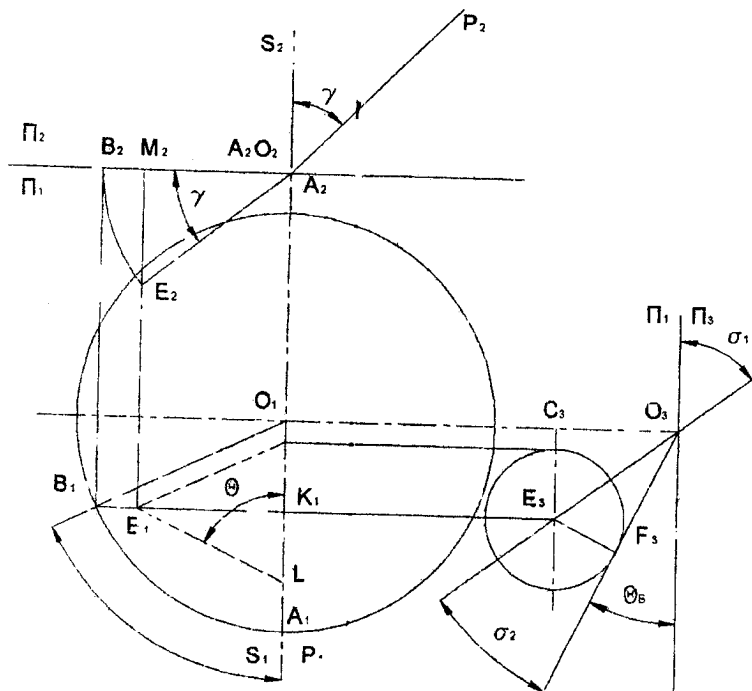


Рис. 4.11. Визначення кутів установки при фрезеруванні зубців на торці

4.3.5. Обробка пазів для ножів збірних інструментів

Пази для кріплення ножів збірних інструментів мають різну форму. Вони, в залежності від способу кріплення, можуть бути прямими і клиновими, гладкими або з рифленнями, направленими паралельно до осі чи нахилено до осі виробу (рис. 4.12).

Прямі пази шириною 2–2,5 мм фрезерують прорізними фрезами, шириною 6–8 мм – пазовими затиловочними фрезами, шириною до 10 мм – дисковими тристоронніми фрезами.

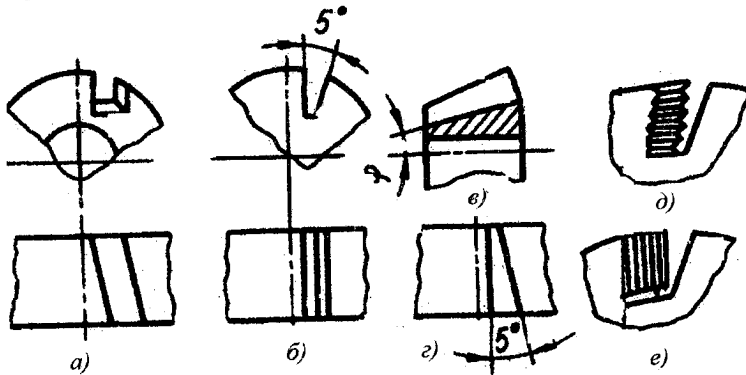


Рис. 4.12. Форми пазів для ножів збірного інструмента

Фрезерування пазів дисковими тристоронніми фрезами з розкосими зубами є високопродуктивним процесом. Проте ці фрези швидко втрачають розмір після переточування і їх рекомендують використовувати при фрезеруванні клиноподібних пазів шириною понад 5 мм. Клиноподібні пази шириною до 5 мм фрезеруються прорізними фрезами. Фрезерування радіальних клиноподібних пазів проводиться однокутовими фрезами з однієї установки.

Обробка пазів з осьовим розміщенням клина виконується з двох установок. При першій установці утворюються прямокутні пази. При другій установці ділільна головка або пристрій повертаються у горизонтальній площині на кут φ , який дорівнює куту клинового паза (рис. 4.13).

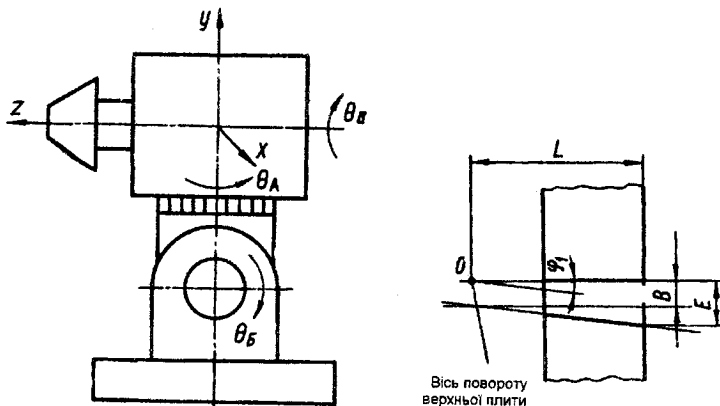


Рис. 4.13. Схема клинового паза

Відстань від осі повороту в горизонтальній площині до переднього торця корпусу, що обробляється, залежить від ширини паза E на передньому торці, вибраної ширини робочої фрези B , кута φ_1 і визначається за формулою:

$$L = \frac{E - B}{\operatorname{tg} \varphi_1}.$$

Чим більша ширина фрези, тим ближче вісь повороту верхньої плити діляльної головки до торця фрези, що обробляється. Відстань L регулюють за допомогою болтів, які скріплюють головку з верхньою плитою.

При фрезеруванні пазів установка робочої фрези і заготовки одна відносно одної повинна забезпечувати задане розміщення паза. Розміщення паза на корпусі фрези (рис. 4.14) задане кутом нахилу паза відносно осі ω , висотою паза H , шириною паза B , кутом нахилу паза у вертикальній площині φ та поперечним переднім кутом γ_1 , вимірним біля вершинної точки ножа. В цьому випадку установки фрези відносно заготовки характеризуються кутами ω , φ , зміщенням стола в горизонтальній площині X та відстанню від осевої площини заготовки до дна паза Y .

Розрахунок величин X та Y для установки фрези з $\gamma_1 > 0$

проводиться за наступними формулами:

$$X = \frac{D}{2} \sin \gamma_1 + l_1 \operatorname{tg} \omega;$$

$$Y = \frac{D}{2} \cos \gamma_1 - \left(H + L \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\cos \omega} \right),$$

де D – діаметр фрези;

γ_1 – передній кут в торцевому перерізі;

l_1 – відстань від вершини ножа фрези до переднього торця корпусу;

H – висота паза, яка вимірюється на передньому торці корпусу;

L – відстань від вершини ножа до заднього торця корпусу.

Рифлення в пазах виконуються протягуванням, довбанням, струганням.

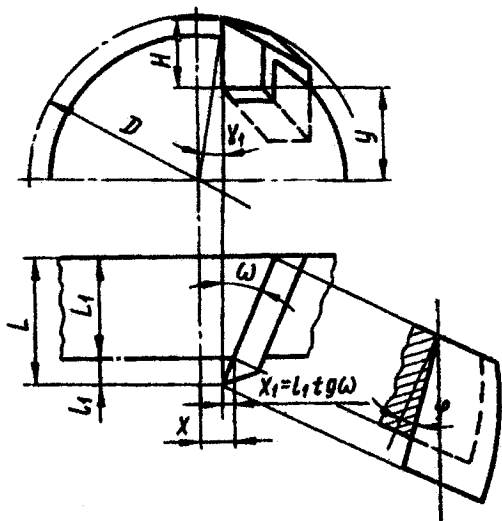


Рис. 4.14. Розміщення паза на корпусі фрези

Протягування – найбільш удосконалений метод виготовлення рифлень в наскрізних пазах. Протягування виконується плоскими протяжками (рис. 4.15) на протяжних або фрезерних верстатах. При протягуванні клинових пазів в паз встановлюється клинова підкладка, яка направляє протяжку під час

роботи. При радіальному напрямку рифлення в пазах виконують на довбальному верстаті за допомогою гребінок. Для направлення довбача в паз корпуса ставиться клин, що відповідає куту нахилу паза. Число клинів – 5–6 штук, оскільки за допомогою клинів здійснюється подача за кожен хід довбача.

Стругання рифлень виконується на поперечно-стругальних верстатах за допомогою гребінчастих різців.

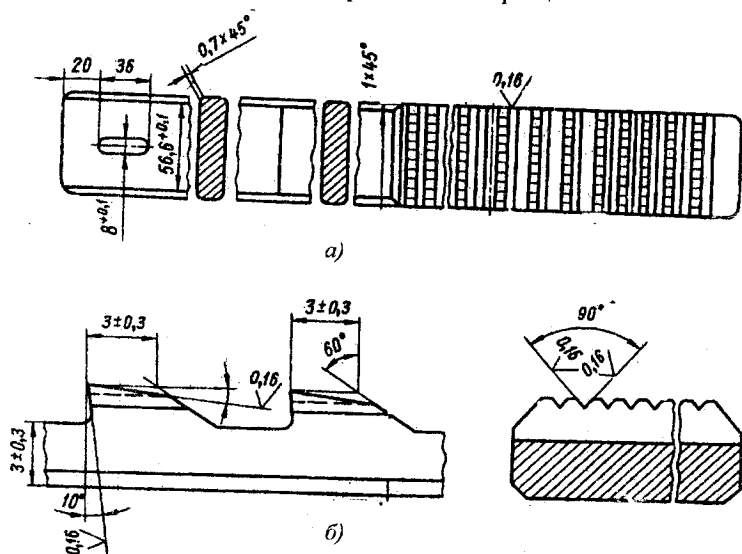


Рис. 4.15. Протяжка для обробки рифлень

4.3.6. Затилування зубців

Затилування зубців здійснюється на спеціальних затилувальних верстатах моделей 96, 1810, 18КА, 1812А, 1Б811 або токарних верстатах зі спеціальними пристроями.

Різальним інструментом при цьому є затилувальний різець, передня площина якого, як правило, встановлюється в осьовій площині фрези. У цьому випадку різальна кромка різця буде співпадати з різальною кромкою зуба фрези, в якій $\gamma = 0$ та $\lambda = 0$.

В результаті руху різця відносно фрези його різальна кромка зрізає матеріал заготовки і формує оброблену задню по-

верхню зуба фрези.

В процесі затилування фреза обертається навколо своєї осі з кутовою швидкістю $\bar{\omega}$, а різець рухається прямолінійно-поступальною зі швидкістю \bar{V} . Крім того, на верстаті здійснюється рух радіальної подачі.

Кінематичний передній кут γ_p затилувального різця в процесі різання дорівнює задньому куту α_p затилувального інструмента. Задній кут α_p під час різання зменшується на величину заднього кута інструмента, що затилується, в порівнянні з заднім кутом різця, який розглядається як геометричне тіло (рис. 4.16). Для забезпечення достатніх задніх кутів (α_p в процесі різання) затилувальними різцями необхідно при їх виготовленні утворювати великі інструментальні задні кути $\alpha = 15 \dots 35^\circ$.

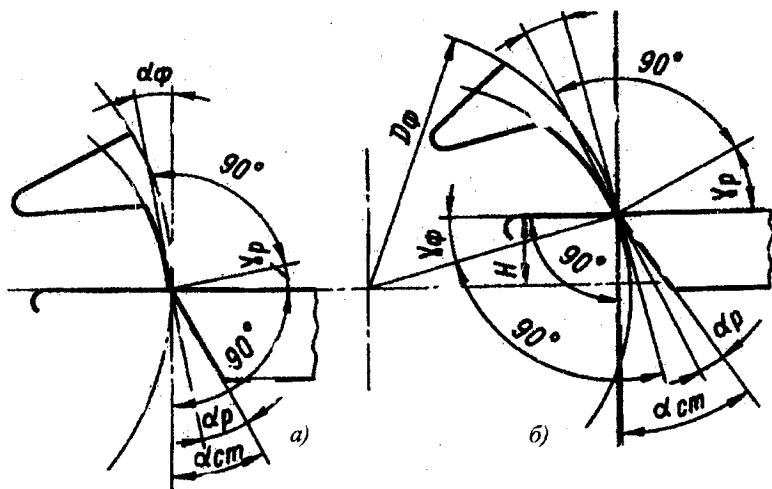


Рис. 4.16. Кути різання при затилуванні

В залежності від типу та профілю інструмента, в практиці розповсюджені три види затилування: радіальне – коли швидкість поступального руху \bar{V} направлена перпендикулярно до осі фрези, кутове та осьове. Метод затилування, при якому швидкість \bar{V} поступального руху направлена під деяким кутом τ до площини,

перпендикулярної до осі фрези, називають кутовим затилуванням. Осьове затилування характеризується тим, що швидкість поступального руху \bar{V} направлена паралельно до осі фрези.

В промисловості найбільш розповсюджені фрези, затилувані за архімедовою спіраллю.

В даному випадку рівномірному обертанню фрези при затилуванні відповідає рівномірний рух затиловочного різця зі швидкістю \bar{V} . Шлях, який проходить різець при його поступальному русі з постійною швидкістю \bar{V} за час обертання фрези навколо своєї осі на один зуб, називають величиною затилування K , яка визначається за формулою:

$$K = \frac{nD}{Z} \operatorname{tg} \alpha_B,$$

де D – діаметр (інструмента) фрези у точці вершини різальної кромки;

Z – кількість зубців інструмента, що затиловується;

α_B – задній кут у точці вершини різальної кромки в торцевому перерізі інструмента, що затиловується.

За величиною затилування K підбирається кулачок, який встановлюється у супорті затиловочного верстата. Кулачок має робочу та неробочу поверхні. Робоча ділянка виконується по вибраній кривій затилування (найчастіше – за архімедовою спіраллю), а неробоча – по плавній кривій.

Радіальне затилування проводиться у зубців з ділянками профілю, паралельними осі або при незначних нахилах, тобто коли кут α_H у всіх точках різальної кромки не менший $2-3^\circ$, і тільки у винятковому випадку його можна зменшити до $1, 1,5^\circ$. Такі значення α_H забезпечити неможливо, де величина кута φ близька до нуля. В цих випадках змінюють установку деталі, тобто повертають деталь на кут, якщо це можливо (рис. 4.17), для забезпечення кутів φ , що відрізняються від нуля, або використовують кутовий метод затилування.

При кутовому затилуванні затиловочний різець здійснює, при рівномірному обертанні фрези, зворотно-поступальне переміщення під деяким кутом τ до осі фрези. Для здійснення такого затилування верхня частина супорта верстата разом з різцем по-

вертається на кут τ . Значення кута повороту τ супорта (напрямку затилування та величини затилування K) при цьому залежать від конфігурації профілю та необхідності забезпечення задніх кутів α_H на окремих ділянках профілю.

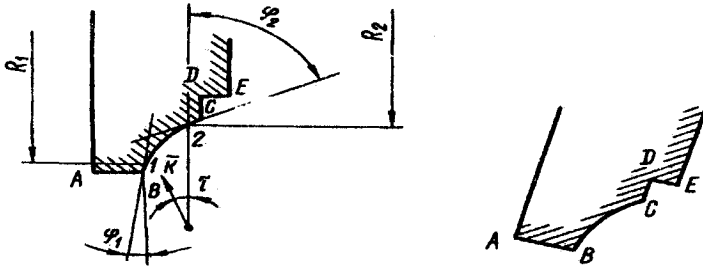


Рис. 4.17. Схема установки деталі при фрезеруванні затиловочною фрезою

Формула для визначення напрямку кутового затилування при відомих задніх кутах в двох точках профілю зуба інструмента має вигляд:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{R_1 \operatorname{tg} \alpha_{H1} \sin \varphi_2 - R_2 \operatorname{tg} \alpha_{H2} \sin \varphi_1}{R_2 \operatorname{tg} \alpha_{H2} \cos \varphi_1 - R_1 \operatorname{tg} \alpha_{H1} \cos \varphi_2},$$

де R_1, R_2 – радіуси вибраних двох точок на різальній кромці фрези;

α_{H1}, α_{H2} – задній кут в двох точках кромки в нормальному перерізі;

φ_1, φ_2 – кути в плані у двох точках різальної кромки фрези.

Величина затилування K у даному випадку рівна:

$$K = \frac{2n R_1 \operatorname{tg} \alpha_{H1}}{Z \sin(\varphi_1 + \tau)} = \frac{2n R_2 \operatorname{tg} \alpha_{H2}}{Z \sin(\varphi_2 + \tau)},$$

де Z – число зубців фрези, що затилується.

В окремому випадку за першу точку профілю може бути взята вершинна точка і задній кут прийнято $\alpha_{H1} = 8 \dots 10$ при $\varphi_1 = 90^\circ$. Другою точкою може бути точка, в якій кут $\varphi_2 = 0$, а

задній кут $\alpha_{H1} = 3 \dots 4^\circ$. В цьому випадку кут τ розраховується за спрощеною формулою:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{R_2 \operatorname{tg} \alpha_{H2}}{R_1 \operatorname{tg} \alpha_{H1}}$$

Кутове затилування дозволяє забезпечити отримання додатних кутів тільки для односторонніх профілів.

Осьове затилування використовується при обробці торцевих зубців. Якщо затилочний різець має прямолінійну різальну кромку, розташовану в осьовій площині затилочного інструмента, то одну й ту ж затилану поверхню можна отримати як при радіальному, так і при осьовому затилуванні. Співвідношення між величиною затилування K_1 при радіальному (рис. 4.18) затилуванні та величиною K_2 при осьовому затилуванні має вигляд:

$$K_2 = K_1 \operatorname{tg} \varepsilon.$$

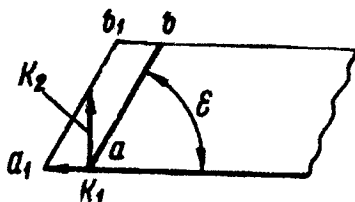


Рис. 4.18. Співвідношення величин затилування при радіальному та осьовому затилуванні

При осьовому та радіальному затилуванні фасонних профілів утворюються різні поверхні і замінити радіальне затилування осьовим не можливо.

При затилуванні інструментів з переднім кутом $\gamma_\phi > 0$ затилочний різець встановлюється вище над центром на величину H , яка дорівнює:

$$H = \frac{D_{TM}}{2} \cdot \sin \gamma_\phi.$$

В цьому випадку кінематичний передній кут γ_p під час різання затилочного різця, що має інструментальний передній кут $\gamma_i = 0$, дорівнює:

$$\gamma_p = \alpha_\phi + \gamma_\phi.$$

Кінематичний задній кут буде рівний:

$$\alpha_p = \alpha_i - \alpha_f - \gamma_f.$$

При затилуванні фасонних профілів інструмента використовують фасонні призматичні різці, які обробляють відразу весь профіль або декілька різців, що перекривають один одного. При затилуванні інструментів великої довжини затилувальному різцю, крім зворотно-поступального руху, повідомляють поздовжню подачу. Якщо такий інструмент буде мати криволінійний профіль, затилування проводять по копіру, при цьому супорт отримує від копіра додаткове пересування за напрямними нижніх полозок, копіюючи профіль копіювальної лінійки. Кут підіймання копіра не повинен перевищувати 30...35°. Припуски на затилування фасонних фрез наведені в табл. 4.3.

Контрольні запитання

1. Назвіть способи обробки площин, які використовуються при виготовленні інструментів.
2. Як ведеться настройка ділильної головки при обробці багатозубих деталей?
3. В яких випадках при обробці площин використовують зовнішнє протягування?
4. Назвіть переваги методу шліфування площин.
5. Назвіть методи обробки поверхонь обертання.
6. Дайте характеристику методів обробки гвинтових поверхонь.
7. Дайте характеристику способів обробки різьби.
8. Визначте параметри розташування двокутової фрези при обробці прямих стружкових канавок на циліндричній поверхні.
9. Визначте параметри положення фрези при обробці стружкових канавок на конічній поверхні.
10. Визначте параметри положення фрези при обробці канавок на торці.
11. Дайте характеристику способів затилування зубців фасонних фрез.

Глава 5

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

5.1. Загальні відомості

Операції термічної обробки є найважливішими складовими частинами технологічного процесу виробництва різального інструмента.

Структурні зміни, які відбуваються при термічній обробці, є потужним фактором покращення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей інструментальних сталей. Термічною обробкою досягаються необхідні: твердість, теплостійкість та міцність інструмента. Це забезпечує його високу продуктивність та різальну здатність.

До основних термічних операцій, що використовуються при виготовленні різального інструмента, відносяться: попередня термічна обробка заготовок інструмента, загартовування та відпускання.

5.2. Попередня термічна обробка заготовок інструмента

Основними технологічними задачами попередньої термічної обробки є покращення обробки при різанні або при холодній пластичній деформації заготовок інструмента, а також знімання внутрішніх напруг з метою підвищення точності готових виробів.

До операцій попередньої термічної обробки відносяться: відпалювання, високий відпуск, нормалізація, покращення та карбідний відпуск.

Відпалювання. Під час відпалювання отримуємо оптимальну структуру та властивості сталі у вихідному стані.

Відпалювання використовується для знімання внутрішніх напруг та пониження твердості.

Відпалюванню піддаються заготовки інструмента після зварювання, вальцювання, кування, штампування, а також рі-

зальний інструмент, який при загартовуванні та відпуску отримав незадовільні твердість та структуру і вимагає повторного загартовування.

В табл. 5.1 наведені види, схеми і режими відпалювання та інші операції попередньої термічної обробки заготовок різального інструмента.

В інструментальному виробництві найбільш часто використовуються відпалювання з безперервним охолодженням та ізотермічне відпалювання.

При відпалюванні з безперервним охолодженням пониження температури здійснюється до 500–600 °С разом з піччю зі швидкістю 25–50 °С на годину, яка залежить від марки інструментальної сталі.

Відмінною особливістю ізотермічного відпалювання є те, що при його проведенні розпад аустеніту відбувається при постійній температурі, а не під час безперервного пониження температури. Це дає можливість отримати більш однорідну структуру сталі.

При ізотермічному відпалюванні охолодження до температури початку розпаду аустеніту відбувається разом з піччю, потім заготовки переносяться в іншу піч чи ванну, де витримуються при постійній температурі протягом часу, який необхідний для повного розпаду аустеніту. Наступне охолодження до 500–650 °С проводиться разом з піччю, а потім – на повітрі.

Низьке відпалювання використовують для заготовок з швидкорізальних сталей в тих випадках, коли попереднє нагрівання при гарячій механічній обробці або зварюванні відбувається при відносно низьких температурах та коротких витримках (наприклад, при нагріванні заготовок ТВЧ або при зварюванні тертям).

Прискорене ізотермічне відпалювання використовується перед повторним загартовуванням інструмента, який не отримав під час термічної обробки необхідних властивостей.

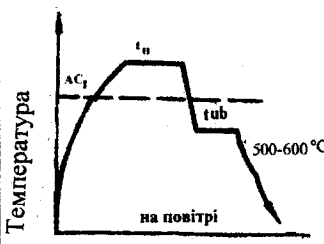
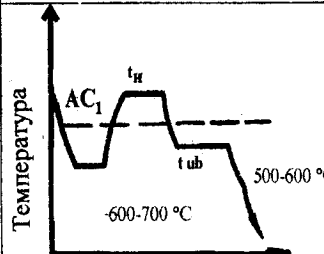
Сфероїдизуєче ізотермічне та циклічне ступінчасте відпалювання використовують для одержання в заевтектоїдних інструментальних сталях середньозернистого перлиту, коли після обробки різанням необхідно отримати поверхню з пониженою шорсткістю.

Таблиця 5.1

Основні види, режими та схеми операцій попередньої термічної обробки заготовок інструмента

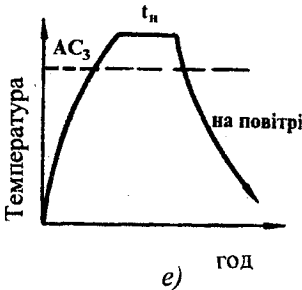
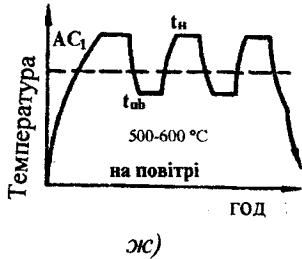
Операція	Група сталей	Марка сталі	Схема	Нагрівання		Ізотермічна витримка		Швидкість охолодження, * °C/год	
				температура, °C	час витримки, °C	температура, °C	час витримки, °C		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Відпал з безперервним охолодженням	Вуглецеві	У12А, У13А	<p style="text-align: center;">а)</p>	760-780	2-3	-	-	≤50	
	Низьколеговані	ХВГ, 9ХС, ХВСГ		770-790	2-3	-	-	≤50	
				790-810					
	Високхромисті	Х6ВФ, 6Х6В3МФС, Х12М, Х12Ф1		830-850	2-3	-	-	-	≤40
				840-860					
				850-870					
Швидкорізальні	Р18, Р12, Р9, Р6М5 Р18Ф3, Р18К5Ф2, Р10К5Ф5, Р9К5, Р6М5К5, Р9К10, Р9М4К8, Р12Ф3, Р6М5Ф3	850-870	2-3	-	-	≤30			
		860-880	2-3	-	-	≤25			

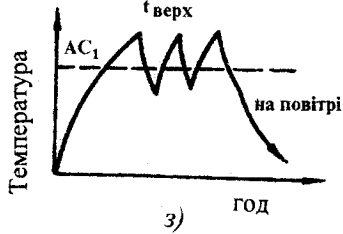
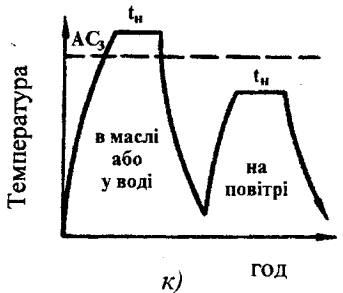
Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ізотермічний відпал холодних заготовок	Вуглецеві	У12, У13А	 <p>б)</p>	760-780	1-2	680-700	1-2	≤50
	Низьколеговані	ХВГ, 9ХС, ХВСГ		770-790 790-810	1-2	700-720	3-4	≤50
	Високохромисті	Х6ВФ, Х12М, Х12Ф1, 6Х6В3МФС		830-850 840-860 850-870	2-3	720-750	4-6	≤40
	Швидкорізальні	Р18, Р12, Р9, Р6М3, Р6М5 Р18Ф3, Р18К5Ф2 Р10К5Ф5, Р9К5, Р6М5К5, Р9К10, Р9М4К8, Р12Ф3, Р6М5Ф3		850-870	1-2	730-750	4-6	≤30
				860	1-2	740-750	6-8	≤20
Ізотермічний відпал підігрітих заготовок	Всі швидкорізальні сталі		 <p>в)</p>	Накопичення гарячих заготовок в збирачі при 600-700 °С, потім – ізотермічний відпал				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Низький відпал	Швидкорі- зальні	P18, P12, P9, P6M5	<p>z)</p>	-	-	730-750	2-3	≤20
Прискорений ізотермічний відпал	Всі швидкорізальні сталі		<p>d)</p>	860-880	0,5	740-50	0,5	На повітрі
Сфероїду- чий ізотерміч- ний відпал	Всі вуглецеві заевктетойдні сталі		<p>d)</p>	730-740	4-6	660-680	4-6	≤50

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нормалізація	Вуглецеві	У12А, У13А	 <p>Температура</p> <p>t_n</p> <p>AC_3</p> <p>на повітрі</p> <p>год</p> <p>e)</p>	880–900	0,5	—	—	На повітрі
	Низьколеговані	9ХС, ХВСГ		860–880	0,5			
Циклічний ступеневий відпал	Всі вуглецеві заєвтектоїдні сталі		 <p>Температура</p> <p>AC_1</p> <p>t_n</p> <p>$t_{об}$</p> <p>500-600 °C</p> <p>на повітрі</p> <p>год</p> <p>ж)</p>	3–8 циклів з вигримкою при температурах:				
	Всі швидкорізальні сталі			750	0,5–1,0	680–700	0,5–1,0	≤50
		840–860	0,2–0,5	690–710	0,2–0,5	≤50		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Циклічний безступіневий відпал	Всі швидкорізальні сталі та інші високолеговані сталі		 <p>Температура</p> <p>3) ГОД</p>	1–8 циклів без витримки, в інтервалі температур:					
				880–890	–	670–680	–	≤50	
а) загартування	Вуглецеві	У12А, У13А	 <p>Температура</p> <p>к) ГОД</p>	900–920	В залежності від розміру	–	–	У воді	
	Низьколеговані	9ХС, ХВСГ		860–880		–	–	В маслі	
б) високий відпал	Вуглецеві	Всі марки		640–680		1–2	–	–	3 піччю
	Низьколеговані	Всі марки		700–720		1–1,5	–	–	3 піччю

Закінчення табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Карбідний відпуск	Всі швидко-різальні сталі		<p>л)</p>	720–760	1–1,5	–	–	В маслі
Високий відпуск	Вуглецеві та низько-леговані	Всі марки	<p>м)</p>	600–700	2–3	–	–	З піччю або на повітрі
	Швидко-різальні	Те ж		650–700	1–2	–	–	На повітрі
	Те ж	–		760–780	0,25–0,5	–	–	На повітрі

* Там, де це спеціально не обумовлено, – з піччю до 500 °С, потім – на повітрі.

При циклічному ступеневому та циклічному безступеневому методах відпалювання різко зменшується тривалість процесу.

Відпалювання заготовок інструментів проводять в камерних, шахтних, конвеєрних та штовхальних печах з автоматичним контролем температури. При масовому характері виробництва отримало розповсюдження термічне обладнання з програмним керуванням режимами відпалювання.

З метою запобігання поверхні заготовок від зневоднення та окислення доцільним є відпалювання в захисній атмосфері.

При відсутності захисної атмосфери у відкритому вигляді нагрівають тільки заготовки, що мають достатній припуск на наступну механічну обробку. Відпалювання заготовок з малими припусками відбувається в металевих ящиках, в які, для попередження зневоднення вуглецевої низьколегованої сталі, засипають відпрацьований карбюризатор або суміш, до складу якої входить 85 % дерев'яного вугілля та 10–15 % кальцинованої соди, а при відпалюванні швидкорізальної сталі – суміш 50 % дерев'яного вугілля чи стружки з чавуну, яка вже була у використанні, та 50 % свіжої стружки з чавуну.

Відпалювання заготовок в печах безперервної дії (конвеєрних та штовхальних) проводять у невеликих металевих ящиках. Час прогрівання розраховують в залежності від поперечного перерізу або товщини шару заготовок. Час прогрівання для заготовок з вуглецевої сталі складає 2 хв/мм, з низьколегованої – 1,5 хв/мм, із швидкорізальної сталі – 2 хв/мм.

Високий відпуск. Цей вид термічної обробки виконують для зменшення твердості та знімання внутрішніх напруг, які з'явилися під час холодної чи гарячої механічної обробки. Високий відпуск відбувається перед загартовуванням з метою запобігання значних деформацій загартовування інструмента.

Різновидом високого відпуску є так зване рекристалізаційне відпалювання, при якому заготовки, зокрема з вуглецевих або низьколегованих сталей, повільно нагрівають до 600–700 °С, витримують протягом 1–2 годин та охолоджують з піччю чи на повітрі. Це відпалювання використовують після механічної обробки інструмента складної форми або при великому відношенні довжини до діаметра або до його товщини з метою зняття

наклепу, який виникає при обробці.

Іншим різновидом високого відпуску є відпуск, який здійснюється шляхом нагрівання заготовок в соляній ванні при температурі 760–780 °С з витримкою протягом 0,25–0,5 годин та з наступним охолодженням їх на повітрі. Цей відпуск використовується, зокрема, для заготовок свердел із швидкорізальної сталі діаметром понад 16 мм, виготовлених методом секторного прокату. При цьому під час охолодження допускається правка завитих заготовок без їх поломки.

Нормалізація. Нормалізація полягає в нагріванні сталі до аустенітного стану (вище точки A_{c3}) з короткою (0,5 год) витримкою та наступним охолодженням на спокійному повітрі.

Нормалізація, як правило, використовується для вуглецевих та низьколегованих сталей з метою покращення їх обробки різанням.

Високолеговані сталі при охолодженні на повітрі набувають сорбіто-грозитної або мартенситної структури з високою твердістю, тому їх нормалізація не сприяє покращенню обробки.

Нормалізацію інструментальних сталей виконують також для усунення цементної (карбідної) сітки, яка надає сталі підвищеної крихкості, оскільки при нагріванні цих сталей під загартовування до температури три вищої A_{c1} цементит майже не розчиняється в аустеніті і після загартовування зберігається у сталі у вигляді сітки. При температурі нормалізації, яка відповідає аустенітному стану сталі, весь цементит розчиняється в аустеніті та при порівняно швидкому охолодженні на повітрі виділяється у вигляді розрізаних включень, а не у вигляді сітки. Це сприяє зниженню крихкості сталі після загартовування.

Покращення. До процесу покращення входять загартовування та високий відпуск. Цей процес використовується для вуглецевих і низьколегованих сталей з метою полегшення обробки їх різанням.

Покращення призводить також для підвищення різальних властивостей фасонних інструментів із швидкорізальних сталей, призначених для обробки твердих сталей. Процес здійснюється після попередньої механічної обробки за наступною технологією: загартовування в маслі з 1280 °С для сталі P18, нормалізація з нагрівання до 840–860 °С; низькотемпературне

загартовування з 920–950 °С в маслі; відпуск при температурі 670–720 °С з витримкою 2–3 години для досягнення твердості HRC 33–37, яка дозволяє покращити обробку різанням.

Карбідний відпуск. Такий відпуск використовують з метою покращення обробки швидкорізальної сталі методом холодної пластичної деформації, а також для усунення розтріскування при холодному штампуванні заготовок тонких дискових фрез і при рубанні заготовок дрібного кінцевого інструмента.

Карбідний відпуск підвищує пластичність сталі та зменшує її межу текучості на 15–20 %.

5.3. Загартовування

Основною задачею загартовування є виклик шляхом нагрівання та охолодження необоротних змін структури сталі з метою забезпечення високої твердості, теплостійкості, міцності інструмента.

В табл. 5.2 наведені діапазони запропонованих температур загартовування інструментальних сталей. У виробничих умовах вони корегуються в залежності від виду та призначення інструмента, а також від стану вихідної та необхідної структури сталі.

Нагрівання різального інструмента відбувається в електрорепечах або газових печах, в соляних ваннах, а також в установках ТВЧ.

Одним з найбільш розповсюджених методів є нагрівання в соляних ваннах, що обумовлено наступними перевагами у порівнянні з іншими методами нагрівання:

- 1) рівномірністю та однаковою інтенсивністю нагрівання зі всіх сторін, що забезпечує однорідність структури та зменшення деформацій інструмента;
- 2) захисною поверхнею інструмента від окислення під час нагрівання та, завдяки зберіганню тонкого шару солі, що захолила на поверхні інструмента при його вийманні з ванни, також під час його охолодження;
- 3) можливість місцевого нагрівання інструмента для одержання високої твердості на робочій частині при зберіганні більш низької твердості на напрямній та хвостовій частинах інструмента;
- 4) точністю підтримки заданої температури.

Таблиця 5.2
 Норми твердості швидкорізальних сталей

Марка сталі	Твердість після відпалювання		Твердість зразків після загартовування та відпуску		
	НВ, не більше	Діаметр відбитка, мм, не менше	Температура загартовування, °С	Температура відпуску, °С	HRC, не менше
P18	255	3,8	1270–1290	550–570	62
P12	255	3,8	1240–1260	550–570	62
P9	255	3,8	1220–1240	550–570	62
P6M5	255	3,8	1210–1230	540–560	63
P6M5Ф3	269	3,7	1210–1230	540–560	63
P12Ф3	269	3,7	1240–1260	550–570	63
P18K5Ф2	285	3,6	1270–1290	560–580	63
P9K5	269	3,7	1210–1240	540–560	64
P9K10	269	3,7	1220–1240	560–580	63
P9M4K8	285	3,6	1210–1240	540–560	64
P10K5Ф5	285	3,6	1230–1250	560–580	64

Примітка: Охолодження зразків при загартуванні – в маслі, розплавах солей або лугів. Відпуск зразків – дво- або трикратний з витримкою по 1 год, охолодження – на повітрі.

В одиничному та малосерійному виробництві для загартовування різального інструмента використовуються електродні та тигельні соляні ванни різних типів і конструкцій. В масовому та багатосерійному виробництві широке використання знайшли автоматизовані агрегати.

Нагрівання інструмента в соляних ваннах відбувається з великою швидкістю, що пояснюється високим коефіцієнтом тепловіддачі. З метою більш рівномірного прогрівання, зменшення напруг, деформацій та зниження можливості утворення тріщин, нагрівання інструмента проводять по ступінях, число і температура яких залежить від габаритних розмірів інструмента та хімічного складу сталі, для інструмента з вуглецевої легованої сталі використовують одно- та (рідше) двоступінчасте нагрівання, для інструмента зі швидкорізальної сталі – дво- і триступінчасте нагрівання.

Перше нагрівання проводять до 200–500 °С в електроповітряній або в газовій печі.

Друге нагрівання інструмента зі швидкорізальної сталі при ручній обробці проводять при 840–860 °С в соляній ванні, яка містить хлористий натрій. Друге нагрівання під час обробки на автоматизованому обладнанні проводять до 1050–1100 °С в розплаві одного хлористого барію, оскільки хлористий натрій при наступному внесенні його разом з пристосуваннями у ванну кінцевого нагрівання викликає велике димоутворення і утруднює ведення та регулювання процесу.

Для загартовування великого за габаритами інструмента із швидкорізальної сталі (насадний інструмент діаметром 90 мм і більше) зазвичай використовують тріступінчасте підігрівання: перше – при 200–500 °С; друге – при 850 °С; третє – при 1050–1100 °С.

Для визначення часу витримки інструмента при нагріванні під загартовування в соляних ваннах користуються спрощеним методом, що враховує хімічний склад сталі, форму та габаритні розміри інструмента.

Загальний час витримки інструмента $\tau_{заг.}$ при цьому методі розрахунку складається з часу наскрізного прогрівання $\tau_{н.п.}$ до температури загартовування та часу ізотермічної витримки, необхідного для завершення фазових перетворень в сталі, при цій температурі $\tau_{і.в.}$:

$$\tau_{заг.} = \tau_{н.п.} + \tau_{і.в.}$$

Для інструмента складної форми при всебічному нагріванні в соляних ваннах час наскрізного прогрівання може бути визначений за формулою:

$$\tau_{н.п.} = K_1 \cdot V / F \cdot K_{\phi} \cdot K_K,$$

де K_1 – коефіцієнт, що характеризує питомий час прогрівання і який залежить від матеріалу інструмента, складу і температури середовища нагрівання, хв/см. Значення цього коефіцієнта для умов нагрівання в розплавах хлористих солей наведені в табл. 5.3. При нагріванні в інших солях до більш високих температур (1050–1100 °С) значення коефіцієнта K_1 перемножують на 0,7.

V/F – відношення об'єму до поверхні рівновеликих за габаритними розмірами інструмента та зразків простої форми

(кулі, суцільного циліндра, паралелепіеда тощо). Значення V/F для зразків простої форми знаходять за формулами, наведеними в табл. 5.4.

Таблиця 5.3

Значення коефіцієнта K_1

Група сталей	Температура нагрівання, °С	K_1 , хв/см	Група сталей	Температура нагрівання, °С	K_1 , хв/см	
Вуглецеві та низьколеговані	800	12,5	Швидко-різальні та інші високолеговані	1200	5,4	
	850	11,3		1210	5,3	
	870	10,8		1220	5,1	
	900	10,0		1230	5,0	
	950	8,8		1240	4,9	
Високохромисті та інші середньолеговані	1000	8,0		1250	4,8	
	1050	7,4		1275	4,4	
	1100	6,7		1300	4,1	
	1150	6,0				

Попереднє підігрівання – до 400–500 °С.

Попереднє підігрівання – до 400–500 °С в соляному розплаві.

Для довгомірного інструмента з відношенням довжини робочої частини до діаметра, яке дорівнює або більше 3:1, при визначенні часу прогрівання впливом члена $2D$ у формулі для суцільного циліндра нехтують, а розрахунок з достатньою для практики точністю визначають за формулою:

$$\tau_{СП} = nD/60,$$

де n – коефіцієнт, що визначається за даними табл. 5.6, см/мм;

D – діаметр інструмента, мм.

При нагріванні інструмента в пристосуваннях, які занурюються в розплав солі разом з виробами, розрахунковий час прогрівання збільшується на 20–30 %.

Час ізотермічної витримки τ_{in} після прогрівання визначається за емпіричними формулами, встановленими на основі дослідних даних:

а) для заевтектійних вуглецевих та низьколегованих сталей:

$$\tau_{in} = 1 + 0,6 Cr + 0,4W + 3V;$$

б) для високохромистих ледебуритних сталей:

$$\tau_{iv} = 0,2Cr + 0,5W + V + Mo,$$

де Cr , W , V , Mo – вміст в сталях цих елементів у відсотках.

Таблиця 5.4

Формули для визначення V/F

Тіло	Мінімальний розмір L , м	Формула для визначення (в см) V/F
Куля	Діаметр	$D/6$
Куб	Ребро	$D/6$
Суцільний циліндр	Діаметр	$\frac{D \cdot H}{4H + 2D}$
Пряма призма з основою у вигляді будь-яких правильних багатогранників	Діаметр вписаного кола	$\frac{D \cdot H}{4H + 2D}$
Повний циліндр (кільце)	Зовнішній діаметр	$\frac{(D - d) \cdot H}{4H + 2 \cdot (D - d)}$
Пластина (паралелопіпед)	Товщина	$\frac{FBC}{2 \cdot (AB + AC + BC)}$

Примітка: H – висота; D – зовнішній діаметр; d – внутрішній діаметр;
 C , B , A – габаритні розміри (C – товщина пластини).

K_k – коефіцієнт конфігурації інструмента, визначається за даними табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Значення коефіцієнта K_k для деяких тіл простої форми та різних різальних інструментів

Вид інструмента та тіл простої форми	Коефіцієнт конфігурації
1	2
Повний циліндр, суцільний циліндр, пластина	1,0
Різбонакатні ролики, круглі напилки, відрізнi фрези	0,90
Циліндричні фрези, шеври та дискові довбачі	0,75
Пазові, одно- та двоголові, дискові тристоронні, напівкруглі опуклі та ввігнуті фрези, насадні зенкери, кор-пуси збірних інструментів	0,7
Черв'ячні, різбонарізнi, насадні і торцеві насадні фрези	0,65

Закінчення табл. 5.5

1	2
Круглі плашки	0,45
Напилки круглі	0,90
Ручні та машинні розвертки, круглі протяжки, кінцеві фрези і зенкери, трубні мітчики	0,64
Ручні та гайкові мітчики	0,53
Свердла спіральні	0,45
Протяжки плоскі, ножі до збірного інструмента	0,85

Таблиця 5.6

Значення коефіцієнта n при нагріванні в розплавах хлористих солей для довговимірних тіл простої форми та кінцевого інструмента

Середовище нагрівання	Температура нагрівання, °С	Суцільний циліндр	Стрижень квадратного перерізу	Спіральні свердла	Ручні та гайкові мітчики	Розвертки, фрези, зенкери хвостовики, довбачі, протяжки круглі	Круглі напилки та рашпилі
BaCl ₂ +NaC	800	19,0	22,8	8,5	10,0	12,2	17,1
	850	17,0	20,4	7,6	9,0	10,9	15,3
	870	16,2	19,4	7,3	8,6	10,4	14,6
	900	15,0	18,0	6,8	8,0	9,6	13,5
	950	13,0	15,6	5,8	6,9	8,3	11,7
BaCl ₂	1000	12,0	14,4	5,4	6,4	7,7	10,8
	1050	13,2	5,0	5,8	5,8	7,0	9,9
	1100	10,0	12,0	4,5	5,3	6,4	9,0
	1150	9,0	10,8	4,0	4,8	5,8	8,1
	1200	8,0	9,6	3,6	4,2	5,1	7,2
	1210	7,8	9,4	3,5	4,1	5,0	7,0
	1220	7,6	9,1	3,4	4,0	4,9	6,8
	1230	7,4	8,9	3,3	3,9	4,7	6,7
	1250	7,0	8,4	3,2	3,7	4,5	6,3
	1275	6,5	7,8	3,0	3,5	4,2	5,8
	1300	6,0	7,2	2,7	3,2	3,8	5,4

Обчислені за цими формулами значення величин τ_{iv} для деяких інструментальних сталей наведені в табл. 5.7.

Ряд охолоджувальних середовищ, що найчастіше використовуються, наведені в табл. 5.8.

Таблиця 5.7

Значення τ_{iv} для різних сталей

Група сталей	Марка сталі	Температура загартовування, °С	Час витримки після прогрівання	Група сталей	Марка сталі	Температура загартовування, °С	Час витримки після прогрівання
Вуглецеві та низьколеговані	У10, У12	800	1,0	Швидкорізальні	Р18, Р18Ф2	1275	1,7
	У13	820	1,5		Р14Ф4	1250	1,9
	ПХ	875	1,7		Р12	1245	1,3
	9ХС	840	1,9		Р12Ф3	1245	1,7
	Х	860	1,3		Р9, Р9К5	1230	1,1
	ХВГ, ХВСГ	870	2,1		Р9К10	1240	1,7
					Р9Ф5	1225	1,8
Високхромисті	Х6ВФ	1010	2,5	Р6М5	1225	1,6	
	Х12Ф1	1070	3,2	Р6М3	1210	2,0	
	Х12М	1070	3,1	Р8МЗК6С			
	6Х6ВЗМФС	1050	3,5				

Таблиця 5.8

Охолоджувальні середовища при загартованні

Інструмент	Основне охолоджувальне середовище			Замінне охолоджувальне середовище		
	Склад	Температура плавлення, °С	Робоча температура, °С	Склад	Температура плавлення, °С	Робоча температура, °С
1	2	3	4	5	6	7
З вуглецевої сталі діаметром, мм						
До 4	масло	—	20–60	Розплав 55% KNO_3 + 45% $NaNO_3$	137	150–170

Закінчення табл. 5.8

1	2	3	4	5	6	7
4-10	Розплав 55% KNO ₃ + 45% NaNO ₃	137	150-170	Розплав 20% NaOH+ 80% KOH+ 6%H ₂ O до загаль- ної кіль- кості лугу		
Понад 10	5-10 % водний розчин NaCl	-	1830	5-10 % водний розчин NaOH	-	150-180
З низь- колого- ваної сталі	Розплав 55% KNO ₃ + 45% NaNO ₃	137	160-180	Розплав 20% NaOH+ 80% KOH+ 6%H ₂ O до загаль- ної кількості лугу	130	150-180
Із швид- корі- заль- них та хро- мистих сталей	Розплав 70% KNO ₃ + 30 % NaOH	260	300-550	Розплав 100% KNO ₃ 55% KNO ₃ + 45% NaNO ₂ 100% NaOH	337 137 328	400-550 200-300 400-550
	Розплав 50% BaCl ₂ + 25% KCl + 25% NaCl	585	610-675	Сіль HT660: 48 % BaCl ₂ + 30% KCl + 22% NaCl	580	610-675

Умова охолодження при загартовуванні залежить від хімічного складу сталі, необхідної структури, габаритів різального інструмента, необхідності одержання мінімальних напруг і загартованих деформацій. В залежності від умов охолодження в інструментальному виробництві отримали розповсюдження декілька видів загартовування.

Безперервне загартовування. Цей вид загартовування використовується для вуглецевих та низьколегованих сталей, в яких переохолоджений аустеніт буде мати малу стійкість, у зв'язку з цим необхідна велика швидкість охолодження.

Крім того, безперервне загартовування використовується для інструмента простої форми, виготовленого з інструментальних сталей підвищеної та високої прогартовуваності. Охолодження з температури гартування здійснюється у воді, у водних розчинах солей та лугів або в маслі. Цей вид загартування характеризується виникненням значних внутрішніх напруг, що може бути причиною підвищених жолоблень та тріщин.

Ступінчасте загартовування. Використовується з метою зменшення внутрішніх напруг, підвищеного жолоблення та небезпеки виникнення тріщин. Досягається це першочерговим охолодженням інструмента в гарячому середовищі та наступному охолодженні на повітрі. Цим уповільнюється швидкість охолодження в інтервалі найбільшої стійкості аустеніту.

Як гаряче середовище використовують розплави солей, найчастіше калієвої селітри KNO_3 . Для охолодження, в окремих випадках, низьколегованих інструментальних сталей температура гарячого середовища складає 160–200 °С, для швидкорізьких сталей – 500–630 °С.

Світле загартовування. Поверхня інструмента під час цього загартовування після охолодження буде мати світло-сірий колір.

Перед загартовуванням для усунення забруднень та масла інструмент знежирюють в гарячому розчині, до складу якого входить 1 л води, 250 г NaOH та 15 г Na_2PO_4 , промивають в гарячій воді при температурі 60–80 °С та підігрівають до 400–500 °С для усунення вологи. Наступне нагрівання під загартовування відбувається в хлорбарієвих ваннах або у ваннах, до складу яких входить NaCl або $\text{NaCl} + \text{KCl}$. Охолодження при цьому

відбувається найчастіше в розчині лугу з додаванням води (80 % КОН, 6 % H₂O, інше – NaOH до загальної кількості лугів).

Уривчасте загартовування. Цей вид загартовування використовується для інструмента складної форми та з вуглецевих і низьколегованих сталей, а також для великого інструмента з легованих сталей. Уривчасте загартовування використовується для запобігання утворення тріщин, до досягання введенням під час загартовування проміжної операції зняття напруг та часткового відпуску.

Охолодження до температури 90–100 °С інструмента з вуглецевих та низьколегованих сталей проводять у воді або у водних розчинах солей та лугів, а інструмента з легованих сталей – в маслі. При цьому відбувається неповне мартенситне перетворення. Після цього інструмент терміново переносять в гаряче середовище з температурою 170–180 °С та витримують його від 2 до 60 хв в залежності від розмірів.

Цим досягається зняття напруг, що виникли, і частковий відпуск мартенситу. Наступне охолодження здійснюється на повітрі, під час чого аустеніт, що залишився, перетворюється в мартенсит. Далі для зняття напруг інструмент піддають відпуску.

Ізотермічне загартовування. Таке загартовування використовують для значного зменшення напруг і деформацій. При цьому інструмент охолоджують в розплаві суміші їдких лугів NaOH та КОН або в розплаві суміші селітр KNO₃ та NaOH₃ при температурі 200–300 °С. Тривалість витримки складає від 30 до 60 хв. Наступне охолодження здійснюється на повітрі.

5.4. Відпуск загартованої сталі

Основною метою відпуску є знімання внутрішніх напруг, які виникають при загартовуванні, та в забезпеченні можливо більш повного перетворення залишкового аустеніту в мартенсит.

Режим відпуску різального інструмента визначається хімічним складом сталі, з якої він виготовлений, призначенням інструмента і необхідної твердості.

Відпуск інструмента з вуглецевих сталей проводять при температурі 158–180 °С (низький відпуск) з витримкою 1–2 год, що

забезпечує знімання 60–70 % залишкових напруг та отримання твердості в межах HRC 59–63.

Відпуск швидкорізальних сталей відбувається з метою знімання внутрішніх напруг та перетворення залишку аустеніту. Залишок аустеніту швидкорізальних сталей із-за високої легованості досить стійка та перетворюється лише в результаті відпуску при температурі понад 500 °С. Під час витримки при цій температурі з аустеніту виділяється частка вуглецю та легуючих елементів у вигляді карбідів. В результаті виділення дисперсних карбідів твердість сталі збільшується. Із збільшенням витримки при температурі відпуску ступінь збіднення аустеніту підвищується, у зв'язку з цим, підвищується і температура початку мартенситного перетворення залишку аустеніту. Для більш повного перетворення залишку аустеніту, відпуск швидкорізальних сталей повторюють 2–4 рази в залежності від складу сталі. При більш повному перетворенні залишку аустеніту в мартенсит підвищується опір сталі пластичній деформації. Крім того, багаторазовий відпуск знімає напруги, що виникли при загартовуванні та мартенситному перетворенні залишку аустеніту.

Режими відпуску інструментальних сталей наведені в табл. 5.9. Відпуск інструмента з вуглецевих та низьколегованих сталей в одиничному і малосерійному виробництвах виконують в електроповітряних печах, масляних та соляних ваннах, а також в печах газової цементації. Відпуск інструмента з швидкорізальних сталей проводять, головним чином, в соляних ваннах.

Таблиця 5.9

Марки сталі	Режими відпуску			Твердість після відпуску HRC _e (не більше)
	Температура, °С	Витримка	Число відпусків	
1	2	3	4	5
Швидкорізальні сталі				
P18	560	1 год	3	62
	580	30 хв	2	62
	600	10–15 хв	2	62

Закінчення табл. 5.9

1	2	3	4	5
P12	560	1 год	3	62
	580	30 хв	2	62
	600	10–15 хв	2	62
P9	560	1 год	3	62
	580	30 хв	2	62
	600	10–15 хв	2	62
P6M5, P6M5Ф3	560	1 год	2–3	63
	580	30 хв	2	63
P18 Ф3	570	1 год	3	63
	600	1 год	2–3	62
P18K5Ф5	570	1 год	3–4	63
	600	1 год	2–3	62
P10K5Ф5	600	20 хв	3	63
	620	10 хв	3	63
	570	1 год	3	63
	700	1 год	2–3	62
P6M5K5	560	1 год	2–3	63
P9M4K8	560	1 год	2–3	64
Вуглецеві та леговані сталі				
У12А	140–200	1–2 год	1	60–64
9ХС	140–200	1–2 год	1	60–65
ХВГ	140–200	1–2 год	1	60–64
ХВСГ	140–200	1–2 год	1	58–63

Таблиця 5.10

Рідкі середовища для відпуску різального інструмента

Склад середовища	Температура, °С		
	спалахи	плавлення	робоча
Масло індустріальне И-4А (ГОСТ 20799-75)	190	–	150
Масло циліндрове важке 52 (ГОСТ 6411–76)	310	–	250
55% KNO ₃ + 45% NaNO ₂	–	137	150–300
85% KNO ₃ + 15% NaOH	–	226	400–560
100% KNO ₃	–	337	350–560
30% BaCl ₂ + 20% NaCl + 50% CaCl ₂	–	450	500–675

На інструментальних заводах для відпуску інструмента використовують стандартні електродні соляні ванни або встановлені в напівавтоматичних агрегатах ванни з трубчастими нагрівниками із сталі 12Х18Н9Т.

Як середовище для відпуску на сьогодні в основному використовують розплавлені солі. Масло використовується рідко, оскільки після відпуску інструмента в маслі необхідно його знежирити. Крім того, масло небезпечне в пожежному відношенні. Склади рідких середовищ для відпуску різального інструмента наведені в табл. 5.10.

Контрольні запитання

1. В чому полягає попередня термічна обробка заготовок інструмента і з якою метою вона проводиться?
2. В яких межах коливається твердість швидкорізального інструмента після загартовування?
3. Яке обладнання використовується при нагріванні інструмента при його загартовуванні?
4. Назвіть переваги нагрівання інструмента в соляних ваннах.
5. Назвіть середовища охолодження, що використовуються при загартовуванні інструмента.
6. З якою метою використовується ступінчасте загартовування?
7. З якою метою проводиться відпуск загартованої сталі?

Глава 6

ШЛІФУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ

6.1. Загальні відомості

Цикл шліфувальних операцій багато в чому визначає якість інструмента. Для інструментів, виготовлених із швидко-різальної сталі, шліфувальні операції виконуються, в основному, після термічної обробки. До них входять операції, властиві машинобудівним деталям, і специфічні операції, характерні для інструментального виробництва.

До перших відносяться операції по шліфуванню площин, конусів, круглих циліндричних поверхонь тощо.

До другої групи операцій відносяться операції по шліфуванню:

- фасонних циліндричних поверхонь, які є задніми поверхнями призматичних фасонних різців, зуборізних гребінок, зубостругальних різців;
- фасонних поверхонь обертання, які є задніми поверхнями круглих фасонних різців, збірних інструментів, затілених по колу;
- гвинтових поверхонь, наприклад, по шліфуванню різьби мітчиків тощо.

В ряді випадків шліфувальні операції проводяться до термообробки і входять до основних формуючих операцій.

Шліфувальні круги виготовляються із зерен абразивного матеріалу (табл. 6.1) цементуючою зв'язкою (табл. 6.2).

Для виготовлення шліфувальних кругів з електрокорунду та карбіду кремнію використовують в основному керамічні, бакелитові та вулканітові зв'язки. Застосовують зв'язки чинити опір викиданню абразивних зерен з робочої поверхні круга під впливом зовнішніх сил характеризується твердістю круга (табл. 6.3).

Цифри у визначенні ступеня твердості (1, 2, 3) характеризують твердість в порядку її зростання: одна десята частина розміру абразивних зерен в мкм характеризує зернистість.

Так, наприклад, зернистість 100 відповідає розмірам зерен основної фракції 1250х1000 мкм. Об'ємний вміст абразивних зерен у крузі у відсотках характеризує його структуру (табл. 6.4).

Таблиця 6.1

Абразивні матеріали

Абразивний матеріал		Позначення	Абразивний матеріал		Позначення
Електрокорунд	Нормальний	16А	Монокорунд		45А
		15А			44А
	Білий	14А	Карбід кремнію	Чорний	43А
		13А			55С
		12А			54С
Хромистий	34А	Карбід кремнію	Зелений	53С	
	33А			52С	
32А					
Титанистий	37А			64С	
				63С	
				62С	

Таблиця 6.2

Зв'язки шліфувальних кругів

Вид	Керамічні (К)	Бакелитові (Б)	Вулканітові (В)
Позначення	К1, К2, К3, К4, К5, К6, К7	Б1, Б2, Б3	В1, В2, В3

Таблиця 6.3

Твердість шліфувальних кругів

Для кругів на керамічній зв'язці		Для кругів на вулканітовій зв'язці	
М'який	M1, M2, M3	Середньо-м'який	СМ
Середньо-м'який	СМ1, СМ2	Середній	С
Середній	С1, С2	Середньо-твердий	СТ
Середньо-твердий	СТ1, СТ2, СТ3	Твердий	Т
Твердий	Т1, Т2		
Досить твердий	ДТ		
Надтвердий	НД		

Таблиця 6.4

Структура шліфувальних кругів

Група структур	№ структури	Вміст зерен, %	Вид зв'язки
Закрита або щільна	1	60	Бакелітова
	2	58	
	3	56	
	4	54	
	5	52	
Відкрита	60	50	
	7	48	
	8	46	
	9	44	
	10	42	
Високопориста	11	40	Керамічна
	12	38	
	13	36	
Група структур	№ структури	Вміст зерен, %	Вид зв'язки
Високопориста	14	34	Керамічна
	15	32	
	16	30	
	17	28	
	18	26	

Маркування шліфувальних кругів проводиться у відповідності з табл. 6.5. Більш широке використання в інструментальному виробництві одержують шліфувальні круги з надтвердих матеріалів. Маркування шліфувальних кругів з надтвердих матеріалів наведено в табл. 6.6. Область використання кругів для надтвердих матеріалів подано в табл. 6.7. Зернистість зерен надтвердих матеріалів подано в табл. 6,8, а концентрацію – в табл. 6.9. Зв'язки кругів з надтвердих матеріалів подано в табл. 6.10.

Таблиця 6.5

Маркування абразивних інструментів

Габаритні та посадочні розміри		Зернистість	Твердість	Зв'язка	
Тип круга	Абразивний матеріал	Індекс зернистості	Структура	Клас точності	

Таблиця 6.6

Маркування кругів з надтвердих матеріалів

Форма круга	Марка матеріалу	Зернистість	Пропуск	Зв'язка
Габаритні та посадочні розміри		Пропуск		Концентрація

В інструментальному виробництві використовується декілька способів шліфування. Зовнішнє кругле шліфування в центрах ведеться поздовжніми проходами, коли після кожного проходу шліфувальний круг подається до осі заготовки на встановлену величину поперечної подачі. Цим способом можна зняти будь-який припуск з виправленням вихідних похибок форми та положення поверхонь, що шліфуються.

Таблиця 6.7

Зернистість надтвердих матеріалів

Позначення зернистості	Розмір ячейки, через яку проходить зерно, мкм	Розмір ячейки, через яку не проходить зерно, мкм
630/500	630	500
500/400	500	400
400/315	400	315
315/250	315	250
250/200	250	200
200/160	200	160
160/125	160	125
125/100	125	100
100/80	100	80
80/63	80	63
63/50	63	50
50/40	50	40
M60/40	60	40
M40/28	40	28
M28/20	28	20
M20/14	20	14
M14/10	14	10
M10/7	10	7
M7/5	7	5
M5/3	5	3
M3/2	3	2
M2/1	2	1
M1/0	Менше 2	—

Таблиця 6.8

Область використання надтвердих матеріалів

Матеріал	Марка порошоків	Область використання
1	2	3
Природний алмаз	A1, A2 A3, A5	Шліфування та заточування інструментів для алмазів, кераміка
	A8	Правка шліфувальних кругів
Синтетичний монокристалічний алмаз	AC2 (ACO)	Шліфування та заточування твердосплавного інструмента, титанових сплавів, кераміки, надтвердих матеріалів

Закінчення табл. 6.8

1	2	3
	АС4 (АСР)	Шліфування твердих сплавів, спільне шліфування сталі та твердого сплаву, заточування інструмента
	АС6 (АСБ)	Профільне шліфування, вишліфовування стружкових канавок твердосплавного інструмента, різбошліфування
	АС15 АС20	Фасонне шліфування, глибинне шліфування твердосплавного інструмента
	АС32	Правка шліфувальних кругів
	АН, АСН	Доведення та полірування твердосплавних інструментів, надтвердих матеріалів, кераміки
Ельбор підвищеної міцності	ЛП	Напівчистове та заключне шліфування швидкорізальних інструментів
Ельбор високої міцності	ЛКВ	Профільне шліфування, вишліфовування канавок швидкорізальних інструментів
Ельбор звичайної міцності з металевим покриттям	ЛОМ	Заклучне шліфування та заточування швидкорізальних інструментів
Ельбор звичайної міцності зі скляним покриттям	ЛОС	Заклучне шліфування і заточування швидкорізальних інструментів
Ельбор, мікропорошки	ЛМ	Доводка швидкорізальних інструментів
Кубоніт звичайної міцності	КЛ	Аналогічна ельбору ЛО
Кубоніт підвищеної міцності	КР	Аналогічна ельбору ЛП
Кубоніт звичайної міцності з металевим покриттям	КОМ	Аналогічна ельбору ЛОМ
Кубоніт підвищеної міцності з металевим покриттям	КРМ	Попереднє та чистове шліфування та заточування швидкорізальних інструментів
Кубоніт звичайної міцності зі склопокриттям	КОС	Аналогічне ельбору ЛОС
Кубоніт, мікропорошки		Доведення швидкорізальних інструментів

Таблиця 6.9

Концентрація надтвердих матеріалів

Концентрація, %	Вміст зерен в 1 см ³ , крат	Відсотковий вміст зерен в об'ємі робочого шару круга
25	1,1	6,2
50	2,2	12,4
75	3,3	18,6
100	4,4	24,9
125	5,5	31,1
150	6,6	37,3
175	7,7	43,5
200	8,8	49,7
250	11,0	62,1

Таблиця 6.10

Зв'язки кругів з надтвердих матеріалів

Назва	Позначення
Бакелитова	Б
Металева	М
Керамічна	К
Каучукомісткі	Р

Примітка: Індeksi після букв Р, М, К, Р вказують на модифікацію зв'язок.

Різновидом шліфування з поздовжньою подачею круга є глибинне шліфування. В цьому випадку використовують фасонні круги, які складаються з конічної частини, що виконує основну роботу різання, і циліндричної частини, яка захищає оброблювану поверхню. Інколи використовують два круги, які встановлені на оправці на відстані 5–6 мм один від одного. Конічний круг вибирають при цьому з більшим зерном та більшою твердістю, ніж циліндричний круги. При глибинному шліфуванні знімають припуск до 2 мм. Поздовжню подачу беруть 1–5 мм/об., а швидкість обертання заготовки – до 25 м/хв. Врізне шліфування відносно коротких виробів виконується широким кругом, висота якого вибирається більшою за довжину поверхні, що шліфується, при поперечній подачі, яка дорівнює

0,002–0,02 мм/об. Для підвищення стійкості при врізному шліфуванні вибирають більш тверді абразивні круги, ніж при багатопрохідному шліфуванні.

Безцентрове шліфування використовують для обробки циліндричних, конічних та фасонних поверхонь обертання. Існують три способи безцентрального шліфування: на прохід, врізанням і до упора.

Шліфування на прохід використовують для поверхонь інструмента типу “гладких валиків”, а також для ступінчастих, в яких довжина поверхні, що шліфується, дорівнює або більша за довжину поверхні меншого діаметра, який не шліфують. Такого типу поверхні характерні для кінцевого інструмента з циліндричними хвостовиками (свердла спіральні, фрези кінцеві, фрези шпонкові, розвертки, свердла центрувальні). При цьому довжина поверхні, що шліфується, повинна бути більшою за оброблюваний діаметр.

Поздовжню подачу заготовок при шліфуванні на прохід здійснюють установкою ведучого круга на кут, що дорівнює 1° – 6° . При чорновому шліфуванні на прохід вибирають глибину різання 0,02–0,15 мм, швидкість ведучого круга – 15–30 м/хв, кут нахилу ведучого круга – до 5° . При чистовому безцентровому шліфуванні на прохід рекомендується вибирати глибину різання 0,005–0,02 мм, швидкість ведучого круга – 10–15 м/хв, кут нахилу ведучого круга – до 3° .

Методом врізання шліфують заготовки, які не можна шліфувати на прохід. При шліфуванні методом врізання ведучий круг встановлюють паралельно до шліфувального. Подача заготовок до шліфувального круга здійснюється ведучим кругом в радіальному напрямку. При чорновому шліфуванні подача заготовок вибирається в межах 0,004–0,05 мм/об, швидкість ведучого круга – 8–20 м/хв, при чистовій подачі – 0,002–0,01 мм/об, швидкість ведучого круга – 5–10 м/хв.

В порівнянні зі шліфуванням на прохід продуктивність при безцентровому шліфуванні за методом врізання менша в 2–3 рази.

Методом врізання можуть бути оброблені фасонні поверхні, для чого необхідна правка кругів (ведучого та того, що шліфується) по профілю.

Безцентрове шліфування до упора використовують при обробці конічних поверхонь, циліндричних поверхонь, а також заготовок, які мають виступи. При шліфуванні до упора за рахунок ведучого круга на кут, що дорівнює 30° , здійснюється повільна подача заготовки, що шліфується, до упора. Рекомендована глибина різання 0,005–0,02 мм, швидкість ведучого круга – 16–15 м/хв. Цей спосіб характеризується більш низькою шорсткістю поверхні в порівнянні з двома першими. В порівнянні з круглим шліфуванням безцентрове шліфування характеризується більш високою продуктивністю, зменшенням припусків токарної обробки. Проте, при окремому шліфуванні робочої та хвостової частин інструментів спостерігається велике відхилення від співвісності. Цей недолік усувається при поєднанні безцентрового шліфування робочої та хвостової частин кінцевих інструментів (рис. 6.1).

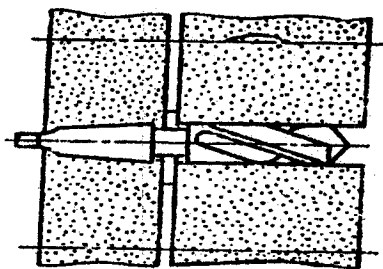


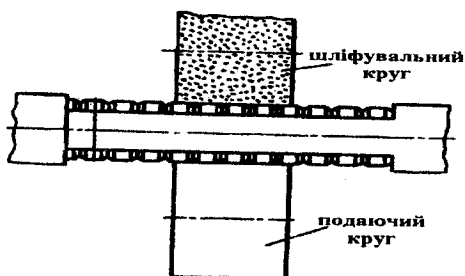
Рис. 6.1. Шліфування робочої та хвостової частин

Спосіб знайшов використання у виробництві свердел, дрібних машинно-ручних мітчиків і може використовуватись для інших видів інструмента. Суміщене шліфування здійснюють на модернізованих безцентрово-шліфувальних верстатах або на спеціальних напівавтоматах та автоматах. Для суміщеного шліфування робочої та хвостової частин свердел з конусом Морзе 1–4, діаметром 35–50 мм призначені напівавтомати ВШ-644Н1,

В111-644Н2, ВШ-696 та автомат ВШ-696Н1. Із-за різниці в твердості робочої та хвостової частин, їх обробку виконують кругами з різними характеристиками.

Суміщене шліфування зовнішніх центрів, робочої та хвостової частин дрібних машинно-ручних мітчиків і свердел діаметром до 8 мм виконують на безцентрово-шліфувальних верстатах за допомогою фасонного шліфувального круга.

Правку кругів для суміщеного безцентрового виконують алмазними олівцями за допомогою копіювальних пристосувань. Інколи на безцентрових шліфувальних верстатах замість опорного ножа використовують спеціальні пристосування. Так, зовнішній діаметр круглих плашок шліфується з поздовжньою подачею, яка здійснюється вздовж труби, що має вирізи для шліфувального та подаючого кругів (рис. 6.2).



6.2. Схема шліфування круглих плашок

Шліфування площин виконується на плоскошліфувальних верстатах торцем або периферією круга. Шліфування торцем круга із заготовкою викликає інтенсивне виділення тепла, що може призвести до припалювання та виникнення тріщин на оброблених поверхнях. Для запобігання припалюванню поверхні, що шліфується, використовують сегментні шліфувальні круги на зв'язці з бакелиту. Використовується два способи шліфування: багатопрхідний та глибинний.

Багатопрхідний спосіб з малою глибиною різання та більшими подачами викликає відносно невелике виділення

тепла і найбільш ефективний при заключному шліфуванні. Проте, за продуктивністю він уступає глибинному шліфуванню.

На плоскошліфувальних верстатах для закріплення заготовок широко використовуються магнітні плити. Таке кріплення є простим, точним та надійним. Разом з плоскими прямокутними плитами, використовуються також нахилені поворотні плити з декількома площинами притискання. Живлення електромагнітних плит здійснюється постійним струмом. Використовуються також плити з постійними магнітами. Вмикання і вимикання таких плит відбувається шляхом пересування магнітів. Використовуються також магнітні призми. Пази на призмах виконуються так, щоб площини, які шліфуються, при установці заготовки займали горизонтальне положення.

Точна установка заготовок під різними кутами в робочій поверхні стола проводиться за допомогою синусних лінійок (рис. 6.3). Лінійка 1, на якій встановлюється заготовка, лежить на точних роликах 2 і 6. Нахилене положення лінійки визначається розміром a блока мірних плиток 3. Закріплення лінійки на основі 4 відбувається гвинтом 5 з гайкою. Висота блока плиток a дорівнює:

$$a = c \cdot \sin \alpha.$$

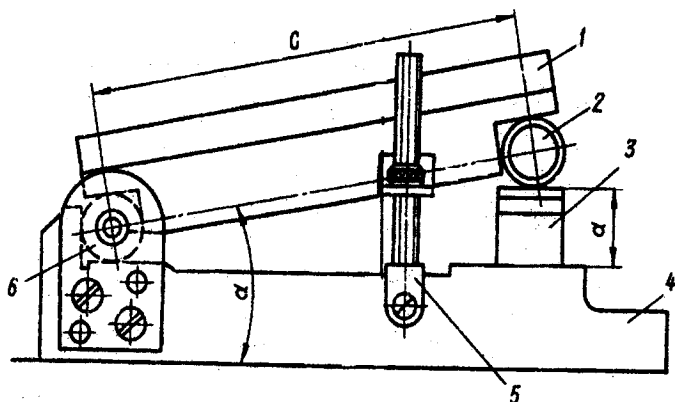


Рис. 6.3. Синусна лінійка

Величина s звичайно дорівнює 100 мм. Припуски по діаметру на шліфування робочих частин швидкохідного інструмента коливаються від 0,35 до 0,6 мм для діаметрів виробу від 5 до 80 мм та його довжини до 120 мм.

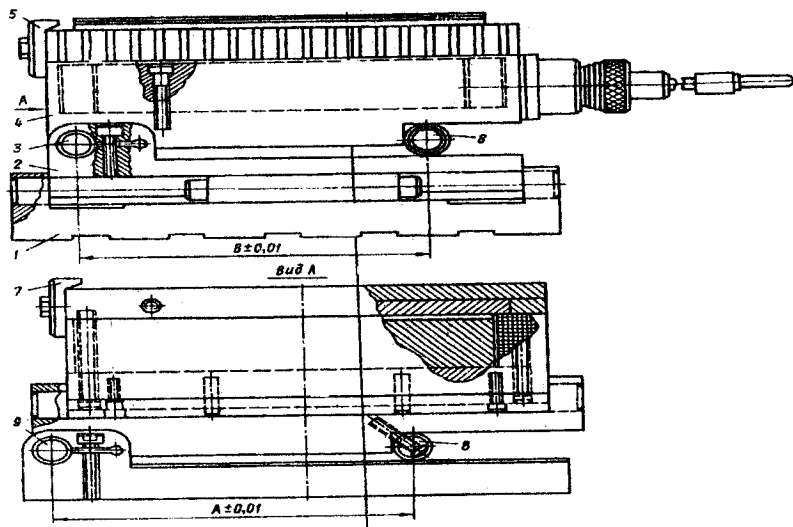


Рис. 6.4. Синусна магнітна плита

Використовуються також двоповоротні синусні магнітні плити (рис. 6.4). До їх складу входить нижня плита 1, з якою за допомогою осі 9 з'єднана поворотна плита 2, до якої прикріплений вал 8. Під цей вал, при повороті плити на кут α_2 , встановлюється блок кінцевих мір розміром $a_2 = A \cdot \sin \alpha_1$. Перпендикулярно до осі 9 розташовані осі 3 і вал 6, зв'язані з магнітною плитою 4. Розмір блока кінцевих мір a_2 , що встановлюється під вал 6 при поворот плити на кут α_1 , дорівнює $a = B \cdot \sin \alpha_2$. До двох торцевих поверхонь магнітної плити прикріплені встановлювальні планки 5 і 7.

Вибір характеристик абразивних кругів при шліфуванні інструментальних матеріалів проводиться за табл. 6.11.

Вибір характеристик кругів з ельбору при шліфуванні швидкокорізальної сталі проводиться за табл. 6.12.

Режими різання кругами з ельбору наведені в табл. 6.13. Необхідно враховувати, що різноманітність оброблюваних інструментальних матеріалів, а також умови шліфування не дозволяють однозначно встановлювати оптимальну характеристику круга та режими шліфування.

Таблиця 6.11

Вибір характеристик абразивних кругів при обробці інструментальних матеріалів

Шліфування	Шорсткість, мкм	Для обробки швидкокорізальних сталей	Для обробки твердих сплавів
Кругле зовнішнє	3,2–5,0	23A40–50CM1K	63C40–50CM1K
	1,6–2,5	23A32–40CM1K	63C32–40CM1K
	0,8–1,25	44A, 23A32–40CM2K	63C32–40CM2BK
	0,4–0,63	44A, 23A16–25CM2K	63C16–25CM2BK
Кругле внутрішнє	3,2–5,0	23A40–50CM2–C1K	63C40–50M3K
	1,5–2,5	23A32–40CM2–C1K	53C32–40M3K
	0,8–1,25	44A, 23A32–40CM1–CM2K	53C16–25C1K
	0,4–0,63	44A, 23A16–25CM1–CM2K	53C16–25CM1K
Плоске переферією круга	3,2–5,0	23A40–50CM2–C1K	63C40–50CM1K
	1,6–2,5	23A32–40CM2–C1K	63C32–40CM2K
	0,8–1,25	23A32–40CM1–CM2K	63C32–40M3–CM1K
	0,4–0,63	23A16–25CM1–CM2K	63C16–25M3–CM1K
Плоске торцем круга	3,2–5,0	15A50–80CM1–CM2B	63C40–50M3–CM1B
	1,6–2,5	15A40–50CM1–CM2B	63C32–40M3–CM1B
	0,8–1,25	15A32–40M3–CM2B	63C32–40K2–M3B
	0,4–0,63	15A25M2–CM2B	63C16–25M2–M3B
Безцентрове	3,2–5,0	23A40–50CM1–CM2K	63C32–40CM1K
	1,6–2,5	23A32–40CM1–CM2K	63C32–40CM1K
	0,8–1,25	44A, 23A32–40M3–CM1K	63C32CM1K
	0,4–0,63	44A, 23A16–25M3–CM1K	63C16M2–CM1K

Шліфування твердосплавного інструмента проводиться алмазними кругами. Форма круга вибирається в залежності від характеру роботи, що виконується, та обладнання, яке використовується. Так, наприклад, круги прямого профілю форми АПІ використовуються при шліфуванні отворів, круглому зовнішньому шліфуванні, обробці плоских поверхонь.

Для шліфування твердосплавного інструмента використовуються алмазні порошки марок АС2 (АСО), АС4(АСР), АС6(АСВ). Круги з АС2 в порівнянні з іншими марками мають меншу міцність та велику крихкість. Ці круги на бакелитовій зв'язці можуть працювати без охолодження, вони майже не засмальцьовуються та забезпечують малу шорсткість оброблюваної поверхні. Круги з АС4 на металевій зв'язці використовують при попередній та чистовій обробці.

Таблиця. 6.12

*Вибір характеристик кругів з ельбору
при шліфуванні швидкорізальних інструментів*

Вид обробки	Характеристика круга			
	Тип	Зв'язки	Зернистість	Твердість
Кругле зовнішнє та плоске шліфування периферією круга	ЛПП	К	Л5–Л16	СМ2–С2
		О	Л10–Л16; Л4–Л8	
Кругле торцеве шліфування	ЛПВ	О	Л8–Л12; Л5–Л6; Л10–Л16; Л4–Л8	СМ2-С2 СМ2-С2
Профільне шліфування	Л2П	К	Л5–Л16	СМ2–С2
		О	Л5–Л12	СМ2–С2
Шліфування різьби мітчиків	Л2П	К	ЛМ20–Л6	СТ3–Т2
		О	ЛМ20–Л5	

Таблиця 6.13

*Режими різання кругами з ельбору
швидкорізального інструмента*

Вид обробки	Швидкість круга, м/с	Швидкість виробу, м/хв	Поздовжня подача, мм/хід	Поперечна подача, мм/хід	Глибина шліфування мм/подв.хід
1	2	3	4	5	6
Круги на органічній зв'язці					
Кругле зовнішнє шліфування	30–50	10–20	0,5–0,1	–	0,002–0,010

Закінчення табл. 6.13

1	2	3	4	5	6
Плоске шліфування периферією круга	30–40	–	3,0–5,0	0,30–0,60	0,005–0,020
Круги на керамічній зв'язці					
Кругле зовнішнє шліфування	30–50	10–25	0,5–1,0	–	0,010–0,050
Внутрішнє	8–35	10–30	0,3–1,0	–	0,002–0,005
Плоске шліфування периферією круга	30–35	–	8–10	0,30–0,60	0,040–0,100
Шліфування	30–45	0,3–0,6	–	–	До 0,4 мм/хід

Круги з АС6 на металевій зв'язці використовуються при електроалмазній обробці. Зернистість круга вибирають при попередній обробці в межах 200/160–100/80, при чистовій обробці – 80/63–50/40, при довідному шліфуванні – 49/28 й менше. У випадку, коли попереднє та кінцеве чистове шліфування проводиться одним кругом, зернистість круга беруть 100/80–63/50. Найчастіше обробку ведуть кругами 100 та 150%-ої концентрації, на бакелитових зв'язках Б1, Б2, Б156. Круги на керамічній зв'язці в основному призначені для одночасної обробки тврдосплавної пластини та сталевго корпусу. На режимах глибинного шліфування в цьому випадку використовують круги на зв'язках М04, М023. Металеву зв'язку також використовують при зніманні великих припусків при роботі з охолодженням. Режими різання при шліфуванні твердих сплавів алмазними кругами наведені в табл. 6.14.

З метою підвищення продуктивності та якості обробки використовують електроалмазне шліфування. При електроалмазному шліфуванні алмазний круг на металевій зв'язці підключається до негативного полюса джерела струму, а оброблюваний інструмент – до позитивного. В міжелектродний зазор під час роботи подається електроліт.

Шліфування твердосплавного інструмента проводиться при щільності струму 80–100 л/см² та напрузі 6–8 В. Для шліфування твердих сплавів групи ТК електроліт містить 5–10 % NaNO₃ та 10 % NaOH. Для сумісного шліфування твердого сплаву та сталі використовують електроліт, до складу якого входить 5 % KNO₃, 5 % NaCl та 1 % KNO₂. Можуть використовуватись також й інші складові електроліту.

Таблиця 6.14

Режими шліфування твердих сплавів алмазними кругами

Вид обробки	Зв'язка круга	Швидкість круга, м/с	Швидкість виробу, м/хв	Поздовжня подача, м/хв	Поперечна подача, мм/хід	Глибина шліфування, мм/подв.хід
1	2	3	4	5	6	7
Кругле зовнішнє шліфування	М	25–35	30–40	1,0–1,5	–	0,02–0,05
	О	25–30	20–40	0,5–1,5	–	0,025–0,005
Плоске шліфування круга	М	25–35	5–15	–	0,3–0,6	0,03–0,05
	О	25–30	5–10	–	–	0,01–0,02
Плоске шліфування торцем круга	М	20–25	1–3	–	–	0,005–0,050
	О	25–30	1–3	–	–	0,005–0,050
Внутрішнє шліфування	М	15–20	10–30	1,0–1,5	–	0,025–0,005
	О	20–25	10–30	1,0–1,5	–	0,025–0,005
Профільне шліфування	О	20–25	1,5–2,0	–	–	0,01–0,02
Шліфування різби	М	30–40	0,2–2,0	–	–	0,1–0,01

Підвищення продуктивності обробки досягається в цьому випадку за рахунок анодного розчинення оброблюваного виробу з одночасним зніманням матеріалу алмазними зернами. В цьому випадку можливе “засмальцьовування” круга. Для усунення цього несприятливого явища доцільно вести процес на зворотній полярності, тобто підключати круг до позитивного полюса джерела струму, а оброблюваний інструмент – негативного. Цей процес називають алмазно-катодним шліфуванням.

Від електроабразивної обробки він відрізняється тим, що під час роботи електролітично розчиняється зв'язка круга, оголюючи абразивні зерна, а не поверхню твердосплавного інструмента. Знімання металу здійснюється механічно алмазними зернами. Тобто цей спосіб суміщає два процеси: абразивну обробку та електролітичну правку, які відбуваються в зоні обробки. Проте поверхня круга швидко покривається плівками окислів, струм електролізу зменшується, що призводить до зменшення правлячого ефекту. Рекомендується підтримувати напругу 3–5 В та силу струму 2–3 А.

Перспективним є спосіб електроалмазного шліфування з одночасною постійною автономною правкою круга. В цьому випадку в міжелектродному зазорі між кругом і деталлю відбувається ерозійне руйнування та анодне розчинення оброблюваного матеріалу, що покращує умови роботи абразивних зерен. В міжелектродному зазорі між кругом та автономним катодом поновлюється поверхня круга електрохімічним та аерозійним руйнуванням зв'язки. Обидва процеси протікають одночасно з окремим регулюванням.

Шліфування інструментів з синтетичних надтвердих матеріалів проводиться алмазними кругами. Інструменти з ельбору-Р обробляються кругами з алмазів високої та підвищеної міцності марок АС2, АС4, АС6, АС15, з зернистістю 80/63–125/100, 100%-ою концентрацією. При роботі насухо рекомендується використовувати алмазні круги на зв'язці Б1, а при роботі з охолодженням – на металевій зв'язці. Швидкість обертання алмазного круга вибирається в межах 20–30 м/с, поздовжня подача – $0,5 \pm 3$ м/хв, поперечна подача – $0,01 \pm 0,02$ мм/подв.хід. Доводку лезового інструмента, оснащеного надтвердими матеріалами на основі нітриду бору, здійснюють алмазними кругами зернистістю 40/28–20/14, на бакелитових зв'язках, 100%-ої концентрації при швидкості обертання круга 25–35 м/с, поздовжній подачі 0,5–2,0 м/хв та поперечній подачі 0,002–0,05 мм/подв.хід. Лезові інструменти з надтвердих матеріалів на основі алмазу шліфують алмазними кругами з алмазів АС4 або АС6 зернистістю 169/125, 125/100 при попередній обробці, концентрації 100 та 150 %. Швидкість круга беруть 20–30 м/с, поздовжню

подачу – 0,5–3 м/хв, поперечну подачу – 0,002–0,01 мм/подв.хід. З метою підвищення продуктивності праці та якості обробки доцільно використовувати електроалмазне шліфування надтвердих матеріалів кругами АС6, зернистістю 100/80, 80/63 на металевій зв'язці, 100%-ої концентрації, при напрузі 6 ± 8 В та щільності струму 60 ± 100 А/см².

З метою надання шліфувальному кругу вірної геометричної форми, поновлення різальних властивостей, одержання необхідної шорсткості та точності обробленої поверхні проводять періодичну правку круга. Правку абразивних кругів проводять обточуванням алмазними олівцями, алмазами в оправці та алмазними голками, а також обкочуванням алмазними, твердосплавними або металевими правлячими роликками. Найбільше розповсюдження отримала правка абразивних кругів алмазними олівцями.

Алмазні олівці – це сталні циліндричні оправки з вмонтованими алмазними вставками (рис. 6.5). Алмази можуть розміщуватись ланцюжком вздовж осі (рис. 6.5, а), шарами (рис. 6.5, б), на сферичній поверхні (рис. 6.5, в), не орієнтовано (рис. 6.5, г). Для правки кругів великих розмірів при профільному шліфуванні використовують алмази в оправках. При правці олівці, а також однокристалеві правлячі інструменти, встановлюються під кутом 15–20° до радіуса круга. Для правки кругів часто використовуються також алмазні ролики. Конструкція профільного алмазного ролика забезпечує одночасне профілювання по всьому контуру круга. Важливою перевагою правки роликками є стабільність якості обробки, завдяки досить високій зносостійкості алмазних роликів.

Правку різальної поверхні алмазних та ельборових кругів проводять обточуванням абразивним бруском, шліфуванням абразивними інструментами, електроерозійними та електрохімічними методами.

При правці обточуванням використовують абразивні бруски з карбиду кремнію зеленого на керамічній зв'язці. Круг обертається з робочою швидкістю, а брусок здійснює поздовжній рух з подачею 1,0–2,0 м/хв і поперечний рух з подачею 0,01–0,02 мм/подв.хід стола.

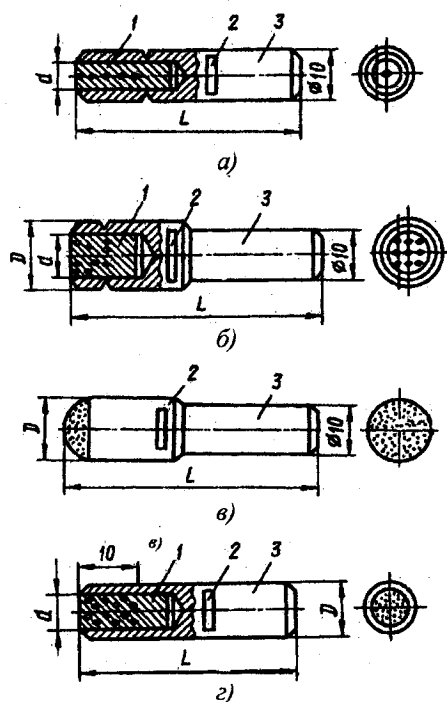


Рис. 6.5. Алмазні олівці

Правка шліфуванням кругом з карбиду кремнію зеленого використовується для алмазних та ельборових кругів на металевій та бакелитовій зв'язці. Алмазний або ельборовий круг обертається з робочою швидкістю, а правлячий круг – з круговою швидкістю $V = 12-15$ м/с. Поздовжня подача коливається в межах $1,0\% \pm 1,5\%$ м/хв, а поперечна – $0,05-0,08$ мм/подв.хід.

Електроерозійний метод використовують для правки алмазних та ельборових кругів на металевій зв'язці. Правлячим інструментом служить чавунний, графітовий або латунний фасонний диск чи стрижень, який є катодом. Анодом є алмазний або ельборовий круг. Під час правки в робочу зону подається електоліт. Правка проводиться при напрузі $12-30$ В та силі струму $8-12$ А, при робочій швидкості алмазного круга, швидкості дискового електроду – інструмента $V = 20$ м/с. Цей метод

правки базується на явищі електричної ерозії – руйнування поверхні струмопровідних матеріалів при імпульсних електричних розрядах з високою концентрацією енергії. Ельборові круги на органічній та керамічній зв'язці правлять алмазами в оправках, алмазними голками та алмазними олівцями. Це найбільш простий метод, але вимагає великих витрат алмазу.

Перспективним є профілювання та правка алмазних кругів на зв'язці M07 шляхом пластичного деформування алмазного шару за допомогою їх обробки фасонним накатним роликком. Таким шляхом можна профілювати і правити багатониткові алмазні круги для шліфування різьби твердосплавних мітчиків, черв'ячні круги для шліфування маломодульного зуборізного твердосплавного інструмента, профільні круги для шліфування врізання фасонних поверхонь.

6.2. Шліфування фасонних циліндричних поверхонь та поверхонь обертання

Шліфування фасонних циліндричних поверхонь та поверхонь обертання відбувається двома методами: методом копіювання фасонними шліфувальними кругами, профіль яких відповідає профілю фасонної поверхні виробу; шліфувальним кругом простої форми шляхом послідовної обробки фасонної поверхні виробу, методом огинання.

Обробка шліфувальним кругом простої форми ведеться на профільне шліфувальних верстатах з ручним або програмним керуванням. На цих верстатах шліфувальний круг за допомогою слідкуючого пристрою пересувається по профілю виробу. Конструкція слідкуючого пристрою може бути різною. Круг може направлятися пантографом, лезо щупа якого переміщається по контуру збільшеного профілю виробу, виконаного на креслярському папері. Переміщення шліфувальної головки може здійснюватись за допомогою пантографа з пересуванням копіювального пальця по шаблону, який виконано у збільшеному масштабі. В оптичних профіleshліфувальних верстатах слідкуючий пристрій є проектором з екраном. На екран проектора поміщають точно виконане креслення профілю оброблюваного виробу в масштабі 50:1. Зображення профілю заготовки та шлі-

фувального круга проектується в тому ж масштабі також і на екран проектора. Обертаючи ручку поздовжньої та поперечної подачі й одночасно слідкуючи за зображенням на екрані оброблюваного профілю та різальної кромки круга, шліфувальний круг переміщують таким чином, щоб він описував заданий кресленням контур. Необхідний закон переміщення шліфувального круга відносно заготовки може бути реалізований також за допомогою числового програмного керування, коли програма обробки виробу задається в математичній (числовій) формі.

Обробку фасонними шліфувальними кругами циліндричних поверхонь та поверхонь обертання виконують головним чином шляхом врізного шліфування на плоскошліфувальних верстатах. Шліфування фасонними кругами, у порівнянні зі шліфуванням кругами простої форми, є більш продуктивним. Використання його обмежується шириною шліфувальних кругів та глибиною оброблюваного контуру. У випадку, коли обробляється профіль на велику глибину або він ширший за шліфувальні круги, що використовуються, отримав розповсюдження метод контурного шліфування кругами простої форми.

Фасонний профіль круга отримують при правці алмазами, алмазними олівцями або роликами. Для отримання фасонного профілю правка здійснюється за допомогою різноманітних пристроїв, які забезпечують переміщення алмаза або олівця по даному профілю круга. Так, на круглошліфувальних верстатах правку круга по дузі кола можна здійснювати за допомогою пристрою, показаного на рис. 6.6. Він складається з корпусу 1 з контрольним валиком 4, встановленим на столі верстата. На циліндричну шийку корпусу посаджений кронштейн 3 з оправкою 9 та алмазом 5. Налаштування пристосування відбувається в такій послідовності. Алмаз підводиться до стикання з контрольним валиком 4 і в цьому положенні кріпиться оправка 9 в кронштейні 3. Розраховується розмір H блоку мірних плиток 6 за формулою:

$$H = \frac{d}{2} \pm R,$$

де d – діаметр контрольного валика;

R – радіус профілюючої поверхні.

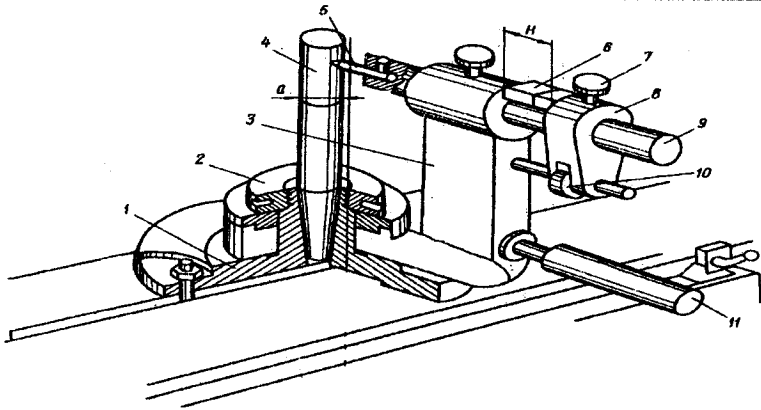


Рис. 6.6. Пристосування для правки круга

Якщо деталь, що шліфується, має опуклу поверхню, у формулі ставиться знак плюс. Знак мінус ставиться для ввігнутих ділянок виробу. Блок мірних плиток 6 встановлюється на оправку між кронштейном 3 та колодкою 8. Колодка остаточно кріпиться гвинтом 7. Далі обертанням гайки 10 оправка переміщується вправо, видаляються плитки та контрольний валик, оправка з алмазом переміщується вліво до стикання колодки з кронштейном. Спочатку круг заправляється по циліндричній поверхні при поздовжньому переміщенні стола. Для цього оправка виставляється перпендикулярно до осі круга та кронштейн стопориться гайкою 2. Після цього алмаз підводиться до середини круга, відпускається гайка 2 та, повертаючи рукоятку 11, правиться круг. Під час оправки стіл від переміщення утримується упорами.

У випадку складної форми оброблюваної поверхні правку можна проводити за допомогою пристосувань, оснащених копірами. На рис. 6.7 подано пристосування, призначене для профілювання шліфувальних кругів на плоскошліфувальному верстаті.

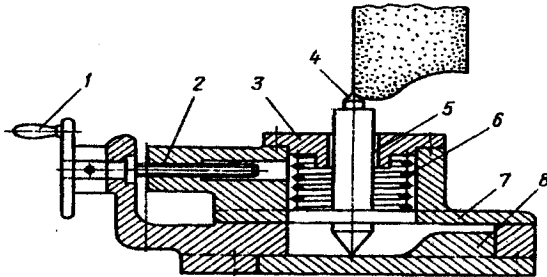


Рис. 6.7. Пристосування для профілювання кругів на плоскошліфувальному верстаті

В нижній частині його корпусу є виріз для встановлення копіра 8. Верхня частина 7 переміщується по напрямних за допомогою маховичка 1 та гвинта 2. Алмазотримач 4 ковзає в підшипнику 5 вверх та вниз, притискаючись до робочій поверхні копіра 8 пружиною 6. Кришка 3 захищає пристосування від абразивного пилю. Пристосування кріпиться на столі верстата так, щоб лезо алмаза та вісь обертання круга знаходились в одній вертикальній площині. Пересуваючись вздовж копіра, алмаз надає кругу необхідної форми. Найбільш просте пристосування для правки опуклих профілів по шаблону показана на рис. 6.8, а. Шаблон виконується або в масштабі 1:1, коли алмаз і базова поверхня корпусу лежать в одній вертикальній площині, або викреслюється по кривій, еквідистантній заданому профілю. В цьому випадку профілюються профілі з гострими кутами або малими радіусами, і алмаз виступає за межі базової поверхні корпусу на величину K , тобто радіус шаблону $R_x = K + r_x$, де r_x – радіус дуги профілюючого круга. Для правки ввігнутих профілів використовується подібне пристосування, яке має копіювальний палець (рис. 6.8, б), який повинен лежати на одній прямій з алмазом, перпендикулярній до основи пристосування. Форма копіювального пальця повинна бути ідентичною формі алмаза.

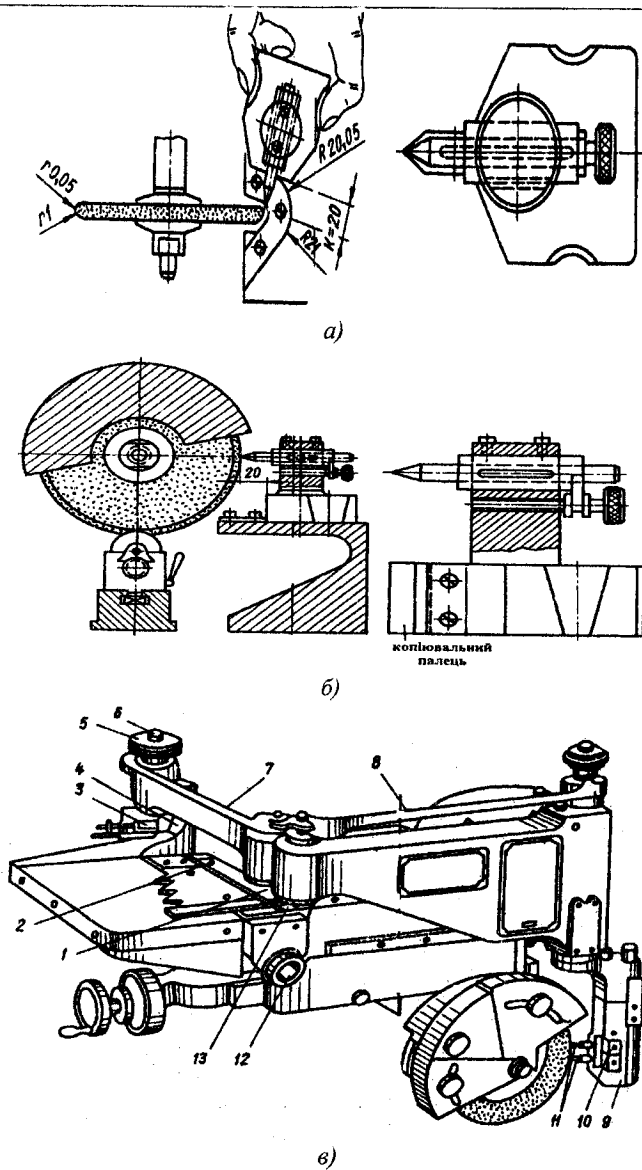


Рис. 6.8. Правка шлифовальных фасонных кругов

Для підвищення точності профілювання шліфувального круга та підвищення продуктивності правки складних контурів, шліфувальні верстати оснащують профілюючими пристроями, в яких точне копіювання зменшеного у відповідному масштабі профілю копіра виконується за допомогою пантографа та важільної системи. Прикладом подібного вирішення є пристрій “Діаформ” (рис. 6.8, в).

Пристрій “Діаформ” складається з важільної системи 8, приводу шпинделя з алмазним інструментом, важеля 7 щупа, осі 6 щупа, маховика 5 щупа, опори 4 важеля щупа. Ця частина пристрою забезпечує передачу траєкторії руху щупа 3 алмазному інструменту, який закріплено в державці 9. На полозках 13 за допомогою штифтів 2 та базовою планкою 1 кріпиться копір. Полозки переміщуються маховиком 12. Правлячі інструменти 11 (алмазні різці) встановлені в блоці 10 під кутом 5° і закріплені гвинтами.

Важливою конструктивною особливістю пристрою типу “Діаформ” є наявність двох алмазів, розташованих один над одним у вертикальній площині. Один з них призначений для чорнової правки шліфувального круга, а другий – тільки для чистової правки, що підвищує профілювання шліфувального круга, оскільки зменшується можливість утворення похибок профілю круга із-за зношування алмаза під час тривалої роботи.

Для одержання точного профілю на шліфувальному крузі вершини алмазів повинні співпадати з віссю обертання кронштейна алмазотримача, і профіль алмаза повинен відповідати в масштабі профілю копіювального пальця. Для встановлення алмазів в необхідне положення до пристрою “Діаформ” додається спеціальне пристосування встановлення. Пристрій “Діаформ” з передавальним відношенням пантографа 1:10 можуть використовуватись при правці шліфувального круга шириною 25 мм та глибиною до 13 мм, а з передавальним відношенням пантографа 1:5 розраховані на правку круга шириною до 50 мм на глибину до 25 мм. Пристосування для профілювання шліфувального круга по копіру за допомогою пантографа дозволяють заправляти складні профілі з високою продуктивністю і тому доцільні для використання не тільки в серійному, але й у

масовому виробництві. В серійному виробництві використовується профілювання кругів сталевими роликками.

При накатці кругів на круглошліфувальних верстатах накатний ролик кріпиться замість деталі, що шліфується. Вісь ролика змінена на 5 мм відносно осі круга в напрямку його обертання. Швидкість обертання 5–8 м/хв. При чорновому профілюванні рекомендована подача круга 0,02 мм на оберт ролика і при чистовому – 0,01 мм. Накатні роликки виготовляють з інструментальної сталі. В умовах багатосерійного та масового виробництва накатку проводять роликками з надтвердих матеріалів, зокрема зі “Славутича”. Профіль шаблону при шліфуванні задніх циліндричних фасонних поверхонь призматичних різців або задніх поверхонь обертання круглих різців визначається розрахунком при профілюванні інструментів, що розглядаються. Можна використовувати також проєкційний метод шліфування, який дозволяє по профілю деталі механічно відтворити профіль різця. Так, форма різальної кромки різця з переднім кутом, який дорівнює нулю, є копією профілю виробу. Тому профіль задньої поверхні різця буде проєкцією профілю виробу на площину, нахилену до горизонту під заднім кутом α . І тому профілювання круга ведеться по шаблону, який має профіль деталі, але нахиленому під визначеним кутом ψ (рис. 6.9).

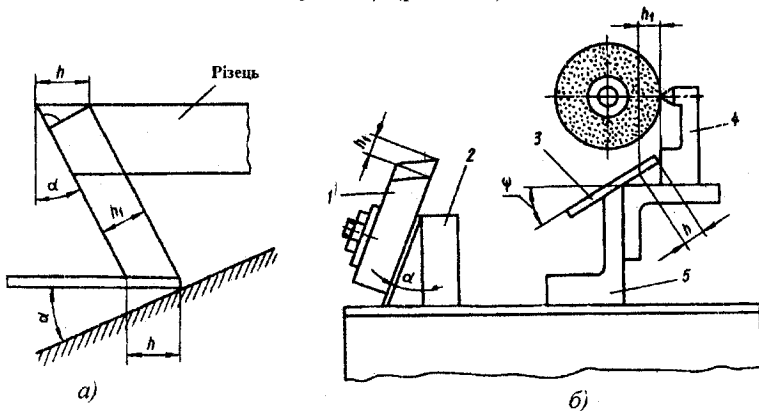


Рис. 6.9. Профілювання круга для шліфування призматичного різця

Оснащення, яке при цьому використовується, складається з копіювального пристосування 4, кутника 5 для закріплення шаблону 3 під кутом та кутника 2 для закріплення різця 1. Для фасонних призматичних радіальних різців з переднім кутом $\gamma = 0$ кут установки шаблону ψ дорівнює задньому куту α . Для різців в яких передній кут не дорівнює нулю, кут установки шаблону дорівнює:

$$\cos \psi = \frac{\cos(\alpha + \gamma)}{\cos \gamma}.$$

Такий спосіб шліфування при обробці різцями поверхонь обертання є наближеним.

При шліфуванні фасонних поверхонь, які складаються з ряду ділянок, їх обробку можна вести окремо. Так, наприклад, обробку круглого фасонного різця (рис. 6.10) на круглошліфувальному верстаті можна проводити в такій послідовності: шліфування по зовнішній циліндричній поверхні до діаметра 68 мм; шліфування конічної поверхні шляхом повороту передньої бабки на кут 45° ; шліфування фасонної поверхні обертання, що має профіль у формі дуги кола радіуса $R = 36$ мм.

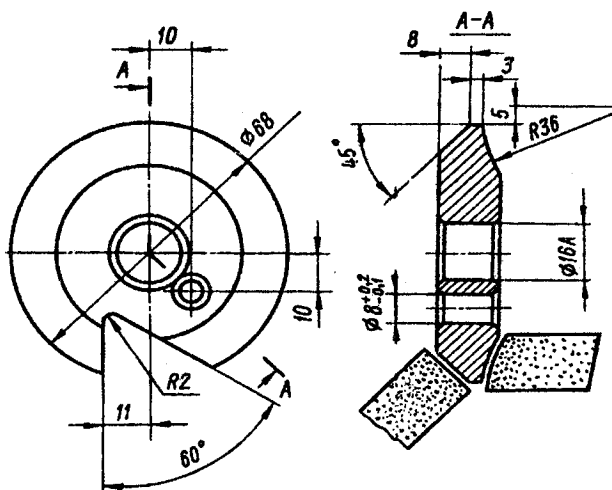


Рис. 6.10. Шліфування круглого фасонного різця

6.3. Шліфування різьби

Різьбу шліфують на мітчиках, накатних роликах та іншому різбоутворюючому інструменті. Шліфування різьби проводиться на різбошліфувальних верстатах одонитковим або багатонитковим кругом. Використовується ряд способів нарізання різьби. Шліфування різьби поздовжніми проходами проводиться одонитковим кругом на мітчиках при круговій швидкості виробу, яка дорівнює 1,5–10 м/хв. Число проходів вибирається в залежності від кроку різьби і коливається від 10 до 18.

Продуктивність нарізання різьби багатонитковим кругом в 2–10 разів вища, ніж одонитковим, але точність різьби отримують нижчу.

Багатонитковим кругом різьбу шліфують методом врізання та на прохід. При шліфуванні на прохід шліфувальний круг з конусом для розподілення навантаження по довжині круга нахилиється на кут підйому різьби. При шліфуванні мітчиків проводять затилування по профілю різьби. В цьому випадку необхідно надати заготовці або шліфувальному кругу зворотно-поступального руху затилування. Для цього методу виготовляють верстати, в яких можуть здійснюватися коливання навколо осі, паралельній осі заготовки (рис. 6.11, *a*), поперечний зворотно-поступальний рух шліфувальної бабки (рис. 6.11, *б*), коливання шліфувальної бабки навколо осі, яка паралельна осі заготовки (рис. 6.11, *в*), поворот ексцентричної гільзи шліфувальної головки (рис. 6.11, *г*), суміщення центра задньої бабки (рис. 6.11, *д*).

При шліфуванні різьби на швидкорізальних інструментах використовують шліфувальні круги з білого електрокорунду та монокорунду, в основному на керамічній зв'язці. Для обробки різьби невеликого кроку використовують круги твердістю С2 зернистістю М28–М20, а для різьб великого кроку – твердістю СМ1 зернистістю 8–10.

Широке використання при шліфуванні різьби швидкорізальних інструментів отримали шліфувальні круги з кубічного нітриду бору (ельбору, кубоніту, гексаніту). Стійкість кругів

кубічного нітриду бору в 2–4 рази перевищує стійкість абразивних кругів. Вони особливо ефективні при шліфуванні вольфрамомолібденових сталей.

При односторонньому шліфуванні використовуються для різьби з кроком 0,5–0,75 мм круги ЛМ2–ЛМ28, Т1–Т2, для різьби з кроком більше 1,5 мм – круги Л1–Л6, СТ3–Т1 на керамічній зв'язці. Режими шліфування: швидкість шліфувального круга – 35–40 м/с; глибина шліфування – 0,4–0,5 мм при чорновій та 0,10–0,15 мм при чистовій обробці; частота обертання виробу – 0,15–0,30 м/хв. Різьбу з кроком до 1 мм шліфують з окремих загартованих заготовок за 1–2 проходи, а з кроком понад 1 мм – за 2–3 проходи.

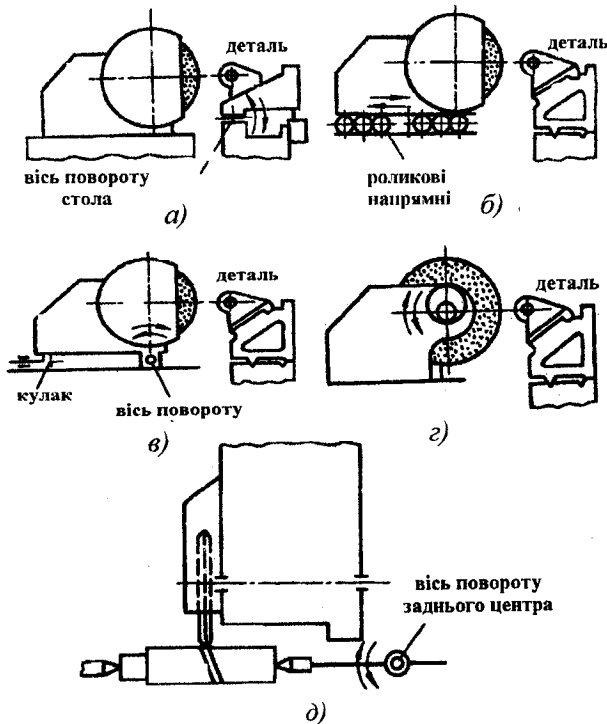


Рис. 6.11. Схеми затилювання мітчиків профілю різьби

Багатониткове шліфування ведеться кругами з ельбору Л4–ЛМ40, СМ2–С1. Режими шліфування: кругова швидкість шліфувального круга – 35–50 м/с, швидкість обертання виробу – 0,16–0,3 м/хв. Шліфування здійснюється з поздовжньою подачею при глибині проходу 0,1 мм. Мастильно-охолоджувальною рідиною є індустріальне масло, сульфофрезол, емульсія. Різьбу твердосплавного інструмента шліфують алмазними одноститковими та багатонитковими кругами.

При одноститковому шліфуванні використовуються круги з алмазів АС4, АС6 зернистістю 250/200–50/40, 100%-ої та 150%-ої концентрації на зв'язці М1. Режими шліфування: швидкість шліфувального круга – 40–50 м/с, кругова швидкість виробу – 0,2–1,5 м/хв, поперечна подача при попередній обробці 0,10–0,30 мм/подв.хід та 0,02–0,05 мм/подв.хід при чистовій обробці.

Багатониткове шліфування ведеться кругами з АС4, АС6 зернистістю 100/80–50/40, 75%-ої та 100%-ої концентрації, на зв'язці М10. Режими однопрохідного шліфування: швидкість шліфувального круга – 40–50 м/с, кругова швидкість виробу – 0,2–0,8 м/хв.

6.4. Шліфування зубів в цілих заготовках

При виготовленні різального інструмента підвищеної точності використовується процес вишліфовування стружкових канавок в цілих заготовках.

Вишліфовування проводиться в загартованих заготовках зі швидкорізальної сталі або в спечених заготовках з твердого сплаву. Основною перевагою процесу вишліфовування є висока точність та якість виготовлення поверхонь стружкових канавок. Проте при цьому відбуваються великі енергетичні витрати. На операціях вишліфовування стружкових канавок інструментів діаметром до 17 мм можна використовувати, як правило, глибинне шліфування, яке в порівнянні з багатопрохідним, забезпечує більш високу продуктивність, спрощує конструкцію верстата, підвищує зносостійкість круга.

При вишліфовуванні канавок в інструментах великих діаметрів використовують багатопрхідне шліфування.

Вишліфовування канавок відбувається зі значним об'ємом МОР, що підводиться в зону різання. Приблизно об'єм МОР Q (л/хв) дорівнює:

$$Q = (5 \div 10)N_e,$$

де N_e – ефективна потужність шліфування в кВт.

Вишліфовування стружкових канавок в швидкорізальних інструментах проводиться кругами з електрокорунду 25А зернистістю 10–12, твердістю СТ1–СТ3, на органічній зв'язці Б2, Б3, Т2 при швидкості шліфування $V_{кр} = 50 \div 78$ м/с, поздовжній подачі $S_{пр} = 0,5 \div 1,5$ м/хв. Використовуються також круги з ельбору зернистістю 80/63–125/100 100%-ої та 150%-ої концентрації, на металевій М1 або бакелитовій Б1 зв'язці. Швидкість шліфування буде $V = 35$ м/с. Вишліфовування стружкових канавок в твердосплавних інструментах виконується алмазними кругами АС6 зернистістю 40/50, 100%-ої та 150%-ої концентрації на органічних або металевих зв'язках, які мають більш високу стійкість. Швидкість шліфування для кругів на органічних зв'язках приймають $V_{кр} = 22–25$ м/с приймають та $V_{кр} = 16$ м/с для кругів на металевій зв'язці М5. Для вишліфовування стружкових канавок використовуються спеціальні верстати як з напівавтоматичним, так і з автоматичним циклом роботи. Профіль шліфувального круга при вишліфовуванні канавок інструмента звичайно за технологічними міркуваннями окреслюється дугами кола та прямими. Поряд з вишліфовкою канавок дисковим шліфувальним кругом з періодичними поділками, обробку канавок можна вести за методом обкатки абразивним черв'яком. Цей метод особливо перспективний при виготовленні інструментів з великим числом зубів.

Контрольні запитання

1. Дати характеристику способів шліфування площин.
2. Дати характеристику способів шліфування конусів.
3. Дати характеристику способів шліфування круглих циліндричних поверхонь.
4. Дати характеристику способів шліфування поверхонь обертання.
5. Дати характеристику способів шліфування різьби.
6. Дати характеристику способів шліфування стружкових канавок в цілих заготовках.
7. Яким інструментом проводиться правка шліфувальних кругів?
8. Які використовуються пристосування при фасонній правці шліфувальних кругів?
9. Які абразивні матеріали використовуються при виготовленні шліфувальних кругів?
10. Назвіть переваги безцентрового шліфування.

Глава 7

ЗАТОЧУВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ

7.1. Загальні питання заточування інструментів

Заточування є кінцевою операцією формування різальних елементів інструмента: передніх і задніх поверхонь, різальних кромок та визначених геометричних параметрів його різальної частини. Якість процесу заточування інструмента характеризується точністю утворення задніх геометричних параметрів, стану заточених поверхонь, гостротою різальних кромок.

При заточуванні при високих швидкостях різання, значних від'ємних передніх кутах та утрудненому відведенні стружки із зони шліфування спостерігається місцеве нагрівання інструмента, що може призвести до появи значних шкідливих змін в поверхневому шарі, виникнення великих внутрішніх напруг та утворення тріщин. Чим вища температура в зоні шліфування, тим більша ймовірність появи структурних перетворень в поверхневому шарі, внутрішніх напруг та тріщин на різальній частині інструмента, що заточується. Для того щоб отримати інструмент з високими різальними властивостями, необхідно процес заточування вести в таких умовах, щоб виключити ці несприятливі явища.

Якість та продуктивність заточування інструмента залежить від режимів заточування, стану та конструкції обладнання, що використовується, пристосування тощо. Тому вірний вибір характеристик шліфувальних кругів, режимів заточування та доводки і обладнання впливає на якість інструмента та його різальні властивості. Заточування та переточування інструмента під час його експлуатації для поновлення його різальної здатності є трудомісткою і відповідальною операцією. Для забезпечення високоякісного заточування та доводки інструмента доцільно організувати централізоване заточування, при якому інструмент заточує не верстатник, який працює даним інструментом, а робітник в спеціально обладнаних заточувальних відділеннях. Застосовуючи цей метод, можна підвищити продуктивність та якість заточування, оснащувати заточувальні верста-

ти спеціальними високопродуктивними пристосуваннями, організувати заточування за раціональним технологічним процесом, забезпечувати ретельний контроль, використовувати оптимальні характеристики шліфувальних кругів та режимів різання.

Вибір характеристик шліфувального круга при заточуванні залежить від конструкції та призначення різального інструмента, матеріалу його різальної частини, конструкції заточувального верстата та пристосувань.

Плоскі круги прямого профілю з односторонньою або конічною виточкою використовуються при заточуванні різців, довбачів, свердел. Для заточування задньої поверхні фрез, розверток, зенкерів використовують чашкові, циліндричні або конічні круги. Заточування передньої поверхні фрез, розверток, мітчиків, протяжок виконують кругами тарілчастої форми. Кругами-дисками прорізають канавки для розділення стружки інструментів, підточують перемичку свердла.

Діаметри шліфувальних кругів рекомендується вибирати в залежності від конструкції верстата. Із збільшенням діаметра підвищується продуктивність та якість заточування, проте при заточуванні таких інструментів, як протяжка, розмір діаметра круга визначається формою та розмірами заточувальної поверхні та вибирається максимально допустимим, при якому можлива обробка заданої заточувальної поверхні.

При заточуванні інструментів з інструментальних сталей використовують круги з електрокорунду, а при заточуванні твердосплавних інструментів – з карбіду кремнію. Карбід кремнію має більш високу твердість та крихкість, ніж електрокорунд, і використовується тільки для обробки матеріалів з низьким опором розриву. Крихкість карбіду кремнію не дозволяє його використовувати при обробці сталі, оскільки, великі зусилля, що виникають при шліфуванні сталі, сприяють інтенсивному розтріскуванню різальних зерен та засмальцьовуванню круга. Тому при заточуванні необхідно прагнути до того, щоб кругами з карбіду кремнію заточувалась тільки твердосплавна частина інструмента з можливо меншим шліфуванням ділянок сталевий державки.

Для виготовлення шліфувальних кругів використовуються абразивні матеріали у вигляді зерен великого або меншого

розміру. Зернистість абразивного матеріалу впливає на продуктивність процесу заточування, якість, шорсткість поверхні, що заточується. Для попереднього заточування рекомендується використовувати круги з більш великим зерном, ніж для чистої.

Суттєво впливає на процес заточування різальних інструментів твердість круга, яка характеризується опором зв'язуючого матеріалу викришуванню зерен.

Вибір твердості круга залежить від багатьох факторів:

а) із збільшенням поверхні дотику круга і деталі твердість повинна зменшуватись;

б) на жорстких верстатах можна використовувати більш м'які круги;

в) при механічній подачі круги вибирають більш м'які, ніж при ручній;

г) дрібнозернисті круги повинні бути більш м'якими;

д) при заточуванні з охолодженням необхідні більш тверді круги;

е) якщо при заточуванні необхідно витримувати високу точність розмірів і форми заточувального інструмента, то використовуються більш тверді круги.

Абразивне заточування інструмента проводять кругами на керамічній та бакелитовій зв'язках. Використання керамічної зв'язки дає можливість працювати з охолодженням. Вона хімічно стійка, але має підвищену хрупкість, круги на керамічній зв'язці добре зберігають профіль. Бакелитова зв'язка є більш міцною та еластичною, допускає більш високі кругові швидкості, має частково поліруючу дію, що веде до зниження шорсткості поверхні, яка заточується. Круги на бакелитовій зв'язці виділяють в зоні різання менше тепла, ніж на керамічній зв'язці, але вони швидко втрачають профіль і тому їх не використовують при фасонному шліфуванні.

Співвідношення об'єму зерен, зв'язки та пор характеризує структуру круга. Круги з найбільшим об'ємом пор називають кругами з відкритою структурою.

Відкрита структура забезпечує краще відведення стружки, дозволяє працювати на більш високих режимах, зменшує небезпеку засмальцювання та припикання на поверхні деталі, яка

шліфується. Недоліком кругів з відкритою структурою є менша міцність, більш інтенсивне зношування, погіршення чистоти поверхні. При заточуванні різального інструмента найбільш часто використовуються круги із середньою структурою. Для одержання високої міцності та якості поверхні необхідно при заточуванні та доводці використовувати алмазні круги, що підвищує в декілька разів продуктивність праці та стійкість інструмента.

Алмазні круги виготовляються на органічній (в основному бакелитовій) та металевій зв'язках. Алмазні круги на металевих зв'язках добре зберігають свою геометричну форму. Працювати кругами на металевій зв'язці без охолодження неможливо, а кругами на органічній зв'язці можна працювати як з охолодженням, так і без нього.

Алмазні круги на органічній зв'язці використовуються для доведення твердосплавного різального інструмента. Заточування ведеться кругами на більш міцній металевій зв'язці.

Ефективність роботи алмазного круга залежить від ступеня концентрації алмаза, який визначається вмістом алмазу в 1 мм^3 алмазного шару. За 100%-ну концентрацію прийнято вміст в 1 мм^3 0,878 мг або 0,00439 карат алмазу. Алмазні круги виготовляють 150, 100, 50 та 25%-ої концентрації. Для заточування та доводки інструмента в основному використовуються круги з 50%-ою концентрацією алмазів, а для профільного шліфування – з 100%-ою.

Зернистість алмазних кругів вибирають в залежності від вимог до шорсткості поверхні.

Висока продуктивність та якість інструмента, що заточується, забезпечуються тільки при вірному поєднанні характеристики круга та режиму заточування. Режими різання при заточуванні алмазними кругами рекомендуються наступні: кругова швидкість круга – 25–50 м/с, повздовжня подача – 0,5–2,0 м/хв, поперечна подача 0,01–0,02 мм/подв.хід. Доводку різального інструмента проводять при швидкості круга 25–50 м/с, поперечній подачі 0,005–0,01 мм/подв.хід, повздовжній подачі 0,5–1,0 м/хв. Для зменшення зношування кругів, покращення чистоти оброблюваної поверхні та збільшення продуктивності обробки доцільно проводити заточування та доводку з охолодженням.

Орієнтовні рекомендовані характеристики шліфувальних кругів та режими заточування наведені в табл. 7.1.

Заточування різальних інструментів можна проводити на спеціальних або універсально-заточувальних верстатах. Спеціальні верстати, які працюють в напіваавтоматичному циклі, як правило, використовують при багатосерійному або масовому виробництві інструментів на інструментальних заводах. На машинобудівних заводах інструменти в основному заточують на універсально-заточувальних верстатах.

При оснащенні відповідними пристосуваннями на універсально-заточувальному верстаті можна заточувати всі відомі типи різальних інструментів. Універсально-заточувальний верстат має стіл, на якому встановлюються відповідні пристосування для заточування інструмента і який може переміщатися в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Ці переміщення використовуються при наладці верстата для підведення заточувального інструмента до шліфувального круга, при заточуванні вони відповідають рухам поздовжньої та поперечної подач. Шліфувальна головка переміщується вертикально відносно заточувального інструмента. У деяких різновидів універсально-заточувальних верстатів вертикальне переміщення надається столу верстата.

Заточування інструмента алмазними кругами повинне відбуватися на універсально-заточувальних верстатах підвищеної та особливо високої точності, в яких осьове та радіальне биття шпинделя шліфувальної головки не повинне перевищувати 0,005–0,008 мм.

Для установки та кріплення інструментів, що заточуються на універсально-заточувальних верстатах використовуються центрові бабки, поворотні лещата, триповоротні універсальні головки, а також спеціальні пристосування. В центрах відбувається заточування розверток, мітчиків, а також інструментів, що заточуються на оправках, типу насадних фрез. При установці заточувальний інструмент може обертатись навколо своєї осі в центрах.

Вибір шліфувальних кругів та режимів заточування інструмента торцем круга

Характеристика круга та режими заточування	Попередня заточка				Чистова заточка				Доводка			
	Швидкорізальна сталь		Твердий сплав		Твердий сплав і кераміка	Надтверді матеріали	Швидкорізальна сталь	Твердий сплав, кераміка	Швидкорізальна сталь			Твердий сплав, кераміка
	P18, P12, P6M5 та ін.	P9K5, P12Ф3, P6M5K5 та ін.	T5K10, BK6, BK8 та ін.	T15K6, T14K8, BK3 та ін.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Абразивний матеріал	Електрокорунд 24А, 25А	Електрокорунд 33А, монокорунд 44А, 45А	Карбід кремнію зелений 63 С, 64 С		Алмаз АС6, АС4, АС2	Алмаз АС6, АС4, АС2	Ельбор ЛО	Алмаз АС2	Ельбор ЛО	Карбід кремнію 63С	Алмаз АСМ	Алмаз ЛСМ
Зернистість	40–25	40–25	40–25	40–20	125/100 80/63	125/100 80/63	100/80 80/63	80/63 50/40	50/40 40/28	6–5	40/28 28/20	40/28 28/20
Зв'язка	Керамічна		Керамічна		Металева	Металева	Бакелитова					
Твердість	СМ1–СМ2	М3–СМ1	СМ1–СМ2	М2–М3	–	–	С1–С2	–	–	М3–СМ1	–	–
Номер структури або концентрація	6–7	7–8	5–6	6–7	100 % 150 %	100 %	100 %	100 %	50 %	5–6	–	50 %

Закінчення табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Колова швидкість шліфувального круга, м/с	20-30	16-18	12-18	10-15	15-20	16-18	20-30	25-30	18-20	25-30	25-30	25-30
Поздовжня подача	3-6	3-6	5-8	5-8	1-3	1-2	1-4	1-2	0,1-0,3	0,1-0,3	0,01-0,3	0,1-0,3
Подача на глибину, мм/подв. хід	0,03-0,08	0,02-0,04	0,05-0,12	0,04-0,08	0,02-0,08	0,01-0,03	0,01-0,03	0,01-0,02	0,005-0,01	0,005-0,02	0,005-0,01	0,005-0,01
Охолоджувальна рідина	Склади 1 і 2 6-8 л/хв				Склади 3 і 4 не менше 8 л/хв		Склад 5 не менше 5 л/хв	Склади 6 і 7 не менше 5 л/хв	Без охолодження			

Примітки: 1. Склад 1: аквол - 14,6 %, вода - 94 %; склад 2: ИГЛ-205,5 %, вода - 95 %; склад 3: сода кальцинована - 0,25 %, тринатрійфосфат - 0,25 %, нітрат натрію - 0,25 %, бура - 0,25 %, вазелінове масло - 0,5 %, вода - 98,5 %; склад 4: тринатрійфосфат - 1 %, нітрит натрію - 0,25 %, вода - 98,75 %; склад 5: триетаноламін або тринатрійфосфат - 0,6 %, алізаринове масло - 0,5 %, азатистокислий натрій - 0,25 %, бура - 0,25 %, вода - 98,4 %; склад 6: сода кальцинована - 0,25 %, тринатрійфосфат - 0,25 %, нітрат натрію - 0,25 %, бура - 0,25 %, вазелінове масло - 0,5 %, вода - 98,5 %; склад 7: триетаноламін - 1 %, нітрат натрію - 0,4 %, гліцерин - 0,6 %, вода - 98 %.

2. При заточуванні периферією круга або при заміні круга з керамічною зв'язкою на круг з бакелитовою зв'язкою збільшити твердість круга на одну ступінь, а швидкість круга - на 25 %.

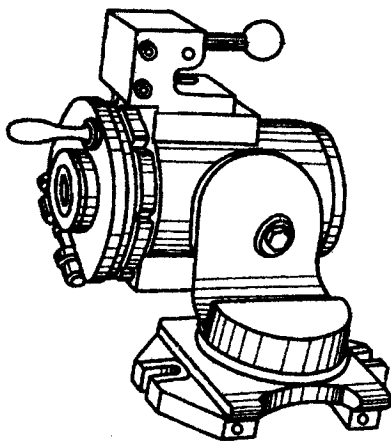
Разом з тим, може виконуватися поворот верхньої пилки стола верстата зі встановленими на ній центровими бабками навколо вертикальної осі. Використовуючи для повороту, встановлюють заточувальний зуб інструмента в необхідне положення.

Для установки та кріплення різноманітних різців при їх заточуванні використовують одно-, дво- або триповоротні лещата.

Універсальну головку використовують для заточування інструментів з конічними хвостовиками або інструментів, що кріпляться на консольних оправках.

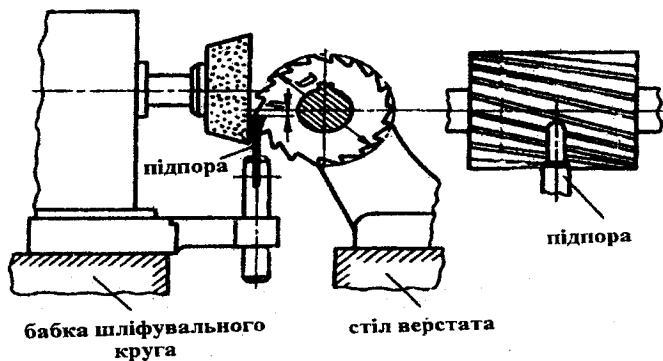
Універсальна головка (рис. 7.1, а) є одним із самих розповсюджених пристосувань заточувального верстата. Використовуючи універсальну головку, можна при установці обертати заточувальний інструмент навколо трьох взаємно перпендикулярних осей.

Заточувальний зуб можна фіксувати у визначеному положенні за допомогою підпори, яка дозволяє відносно легко проводити процес ділення при заточуванні багатозубих інструментів.

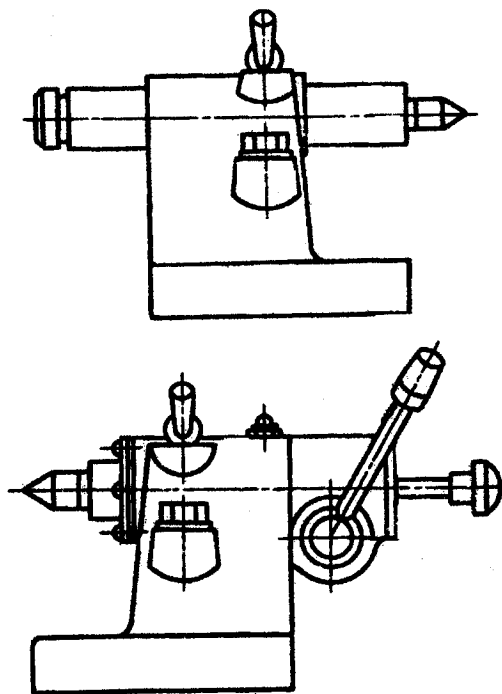


а)

Рис. 7.1. Пристосування до універсально-заточувального верстата:
а – універсальна головка



б)



в)

Рис. 7.1. Пристосування до універсально-заточувального верстата:
б – заточування за допомогою підпори; в – центрові бабки

На універсально-заточувальних верстатах використовують пристосування, які служать не тільки для установки та кріплення інструмента, але й для надання інструменту додаткових рухів, які забезпечують заточування на інструменті поверхні визначеного типу. Так, наприклад, для заточування свердел та зенкерів по гвинтовій поверхні використовується пристосування, зображене на рис. 7.2. Зенкер кріпиться на шпинделі 6 і при повороті пристосування навколо вертикальної осі встановлюють під кутом, що відповідає куту в плані ϕ , до робочої площини шліфувального круга. Під час процесу заточування держак 3 плавно повертають, при цьому кулачок 1, ковзаючи по пальці 2 своєю гвинтової поверхнею, заставляє шпиндель рухатись вздовж його осі. При одночасному обертвовому та поступальному переміщеннях інструмента утворюється задня гвинтова поверхня, параметр якої дорівнює параметру гвинтової поверхні кулачка. Для заточування чергового зуба фіксатор 7 виводиться з паза ділильного диска 5 і шпиндель із зенкером повертається держакком. На шпинделі монтується два ділильних диски 5 та 4, які використовуються для заточування відповідно три- та чотиризубчастих зенкерів. Це пристосування дозволяє обробляти гвинтові поверхні відносно невеликого кроку.

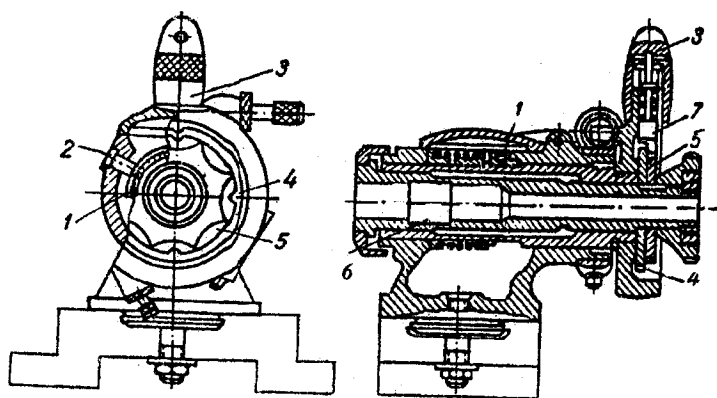


Рис. 7.2. Пристосування для заточування свердел та зенкерів по гвинтовій поверхні

Якість заточування інструмента визначається шляхом контролю його розмірів та профілю, якості заточених поверхонь, кутів заточування, які значною мірою визначають різальну здатність інструмента.

Вимірювати кути різального інструмента можна за допомогою різноманітних методів та приладів. Найбільш простими приладами є шаблони, які використовують для контролю як профілю, так і його кутів. Про точність елемента, що перевіряється в цьому випадку роблять висновки за величиною просвіту між профілем шаблону і контролюючим профілем. Шаблони для перевірки кутів можуть бути одноелементними, тобто призначеними для контролю одного значення кута, та комбінованими, призначеними для контролю двох і більше кутів. Похибка при вимірюванні кутів шаблонами досягає 1° для кутів з довгою стороною понад 1 мм. Із збільшенням довжин сторін кутів похибка зменшується.

Для вимірювання різних кутів різних інструментів використовують різноманітні кутоміри – накладні та стаціонарні. Оцінка якості контакту вимірювальних граней кутоміра з вимірювальним об'єктом може проводитись візуально по світловій щілині. Використовують також кутоміри з автоматичним контактуванням за допомогою стрілок балансування.

Виміряти кути інструмента можна також посередніми способами, наприклад, вимірюванням лінійних розмірів та наступних розрахунків кутів за відповідними формулами.

7.2. Заточування токарних різців

7.2.1. Геометричні параметри токарного різця

Геометричні параметри різальної частини та її елементи для токарного прохідного різця в статичній системі координат зображені на рис. 7.3. Вони характеризують положення передніх та задніх поверхонь відносно опорної, основної площини. Положення головної кромки визначається кутом в плані φ_c і кутом нахилу різальної кромки λ_c . При відомому положенні головної різальної кромки положення передньої площини задається кутом λ_c , а головної задньої площини – кутом α_c . Поло-

ження допоміжної задньої площини визначається допоміжним кутом в плані φ_1 і допоміжним заднім кутом α_1 (рис. 7.3).

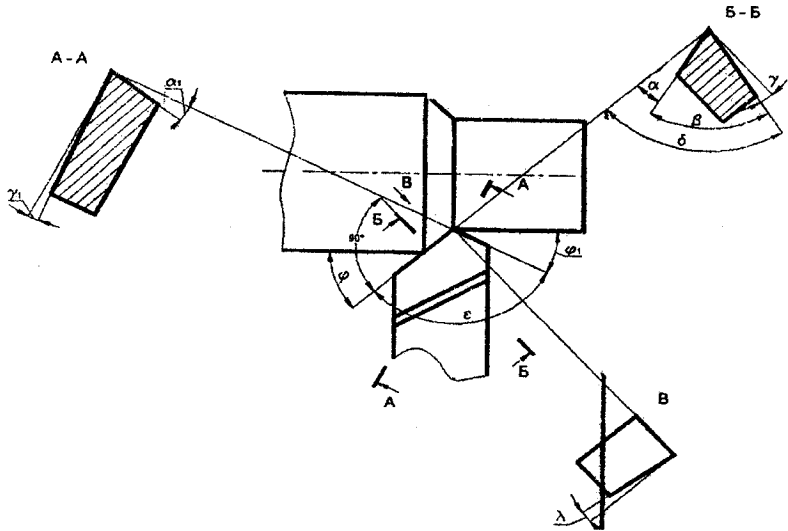


Рис. 7.3. Геометрія токарного різця

При рішенні задач, пов'язаних з аналізом геометричних параметрів різців та їх виробництвом, при заточуванні виникає необхідність визначити кути γ та α в різних січних площинах.

Уявимо собі різальну частину інструмента (рис. 7.4).

В точці A різальної кромки AB проведемо площину Σ , дотичну до передньої або задньої поверхні. В системі координат XYZ проведемо по лінії AB вектор \vec{P} :

$$\vec{P} = \vec{i} + \vec{k} \operatorname{tg} \delta.$$

В площині N , яка проходить перпендикулярно до проекції A_1B_1 різальної кромки AB на площині XY , проведемо в площині Σ вектор $\vec{\Pi}$:

$$\vec{\Pi} = \vec{j} - \vec{k} \operatorname{tg} \mu.$$

По лінії перетину площин I-I та Σ направимо вектор \vec{T} , довжину проєкції якого на площину XU прийmemo рівною одиниці:

$$\vec{T} = \vec{i} \cos \varepsilon + \vec{j} \sin \varepsilon - \vec{k} \operatorname{tg} \eta.$$

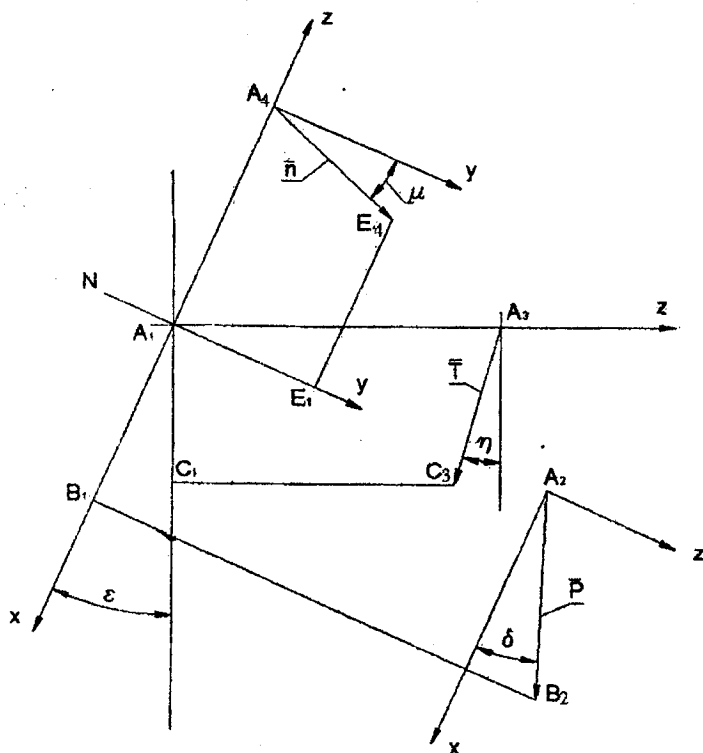


Рис. 7.4. Аналіз геометричних параметрів інструмента

Розглянуті три вектори лежать в одній площині.

Отже:

$$\left(\left[\overline{P} \times \overline{\Pi} \right] \overline{T} \right) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \operatorname{tg} \delta \\ 0 & 1 & -\operatorname{tg} \mu \\ \cos \varepsilon & \sin \varepsilon & -\operatorname{tg} \eta \end{vmatrix} = 0.$$

Розкриваючи визначник та проводячи перетворення, отримаємо:

$$\operatorname{tg} \eta = \operatorname{tg} \mu \cdot \sin \varepsilon - \operatorname{tg} \delta \cos \varepsilon.$$

Положення передніх та задніх площин на різнях можна характеризувати величинами передніх і задніх кутів у поздовжньому та поперечному перерізах. Кут η рис. 7.5 буде повздовжнім переднім кутом γ_{np} при $\varepsilon = 90^\circ - \varphi$, $\mu = \gamma_c$, $\delta = \lambda_c$.

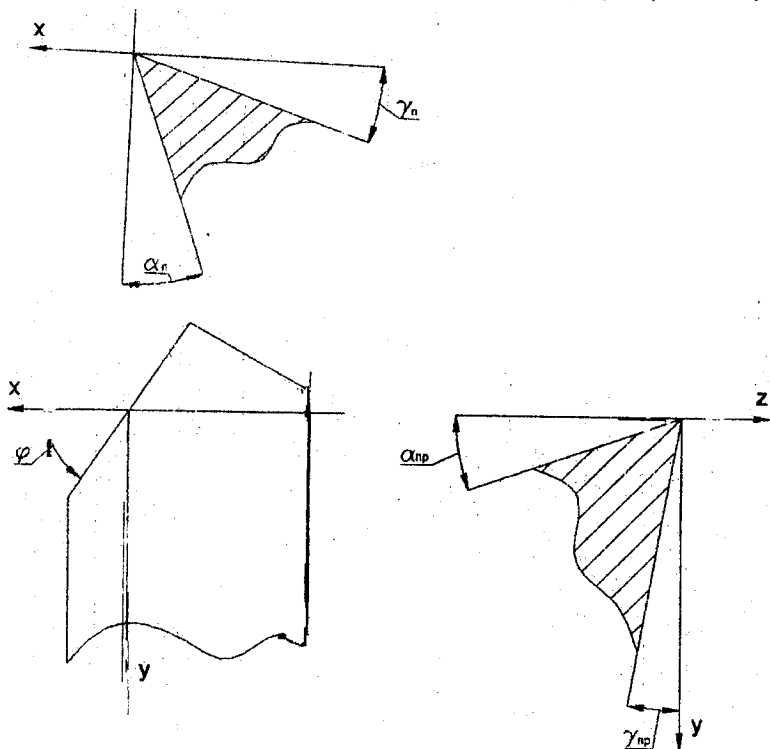


Рис. 7.5. Величини передніх і задніх кутів у поздовжньому та поперечному перерізах

Звідси:

$$tg\gamma_{np} = t\gamma_c \cos\varphi_c - tg\lambda \sin\varphi_c.$$

Кут η буде поперечним переднім кутом при $\varepsilon = 180^\circ - \varphi_c$;
 $\mu = \gamma_c$; $\delta = \lambda_c$.

Звідси:

$$tg\lambda_n = t\gamma_c \sin\varphi_c + tg\lambda_c \cos\varphi_c.$$

Повздовжній задній кут $\alpha_{np} = 90^\circ - \eta$ при $\varepsilon = 90^\circ - \varphi$,
 $\mu = 90^\circ - \alpha_c$, $\delta = \lambda$.

Звідси:

$$ctg\alpha_{np} = ctg\alpha_c \cos\varphi_c - tg\lambda_c \sin\varphi_c.$$

Аналогічно можна отримати наступні залежності:

$$ctg\alpha_n = ctg\alpha_c \sin\varphi_c + tg\lambda_c \cos\varphi_c;$$

$$ctg\alpha_{1np} = ctg\alpha_1 \cos\varphi_1 + tg\lambda_1 \sin\varphi_1;$$

$$ctg\alpha_{1n} = ctg\alpha_1 \sin\varphi_1 - tg\lambda_1 \cos\varphi_1,$$

де

$$tg\lambda_1 = tg\lambda_c \sin(\varphi_c - \varphi_1) + tg\lambda_c \cos(\varphi_c + \varphi_1).$$

7.2.2. Визначення кутів установки при заточуванні токарних різців по площинах

Для одержання при заточуванні заданих геометричних параметрів необхідно різець встановити в таке положення, при якому заточувальна площина була б паралельною до робочої поверхні шліфувального круга. Установку та закріплення інструмента при заточуванні проводять в пристосуваннях, які мають відповідні осі повороту. Тому необхідно визначити кути установки, кути повороту пристосування навколо його осей, що забезпечують установку інструмента в необхідне положення відносно шліфувального круга.

Методика вирішення поставленої задачі може бути наступною:

1) визначають нормаль до заточувальної площини при вибраному початковому положенні закріпленого в пристосуванні інструмента;

2) шляхом повороту навколо відповідних осей пристосування нормаль встановлюється перпендикулярно до робочій поверхні шліфувального круга; в цьому випадку заточувальна площина буде паралельна до робочій поверхні шліфувального круга, а кути повороту нормалі будуть кутами установки пристосування.

Необхідно враховувати, що для простоти вирішення можна замість реальних осей пристосування для повороту використовувати паралельні осі. Відомо, що поворот системи навколо деякої осі може бути поданий як сума двох переміщень: поворот навколо паралельної осі на той же кут та відповідного поступального переміщення. Поступальне переміщення при вирішенні задачі, яка розглядається, можна не брати до уваги, оскільки воно наближає або віддаляє інструмент, що заточується, від шліфувального круга. Цей рух можна компенсувати переміщенням стола заточувального верстата за відповідними напрямленнями і привести до дотику оброблюваного інструмент зі шліфувальним кругом.

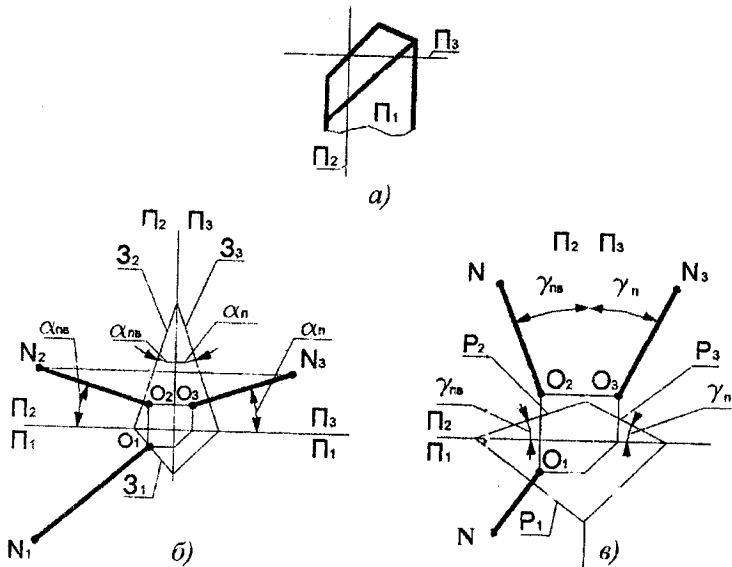


Рис. 7.6. Положення передніх та задніх площин різця

Визначимо кути установки при заточуванні різців на універсально-заточувальному верстаті за допомогою триповоротних лещат. Зобразимо у вибраній системі площин проєкцій заточувальні площини (рис. 7.6). За площину Π_2 прийнято поздовжній переріз. Тому слід заточувальної площини на площину Π_2 буде проходити під відповідним поздовжнім кутом. За площину Π_3 приймемо поперечний переріз. Тому слід заточувальної площини на площину Π_3 буде проходити під відповідним поперечним кутом. Положення заточувальної площини можна задавати також зображенням нормалі ON до неї. Проєкції нормалі будуть розміщуватись перпендикулярно до відповідних слідів заточувальної площини. Прийняте початкове положення різця при заточуванні його задньої площини зображене на рис. 7.7, а, при якому площина Π_3 проходить паралельно до торця шліфувального круга. Для того щоб з'єднати задню площину з торцем круга, необхідно повернути лещата навколо відповідних осей так, щоб нормаль ON стала перпендикулярною до площини Π_3 .

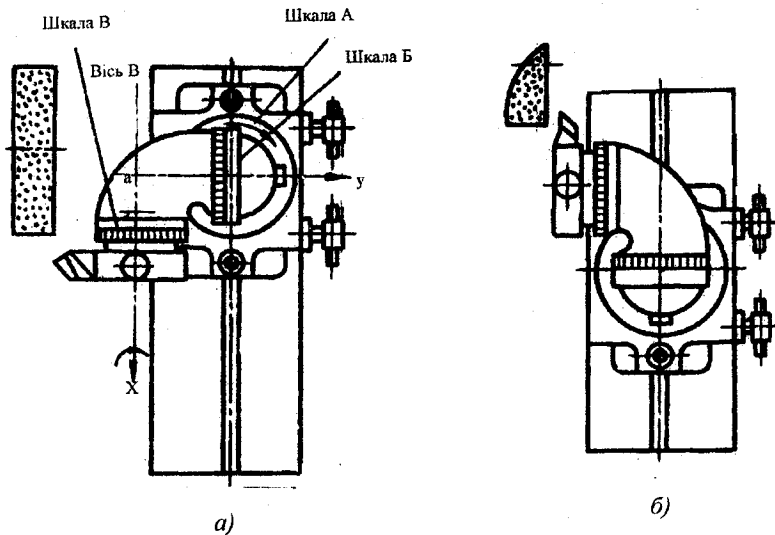


Рис. 7.7. Початкове положення різця при заточуванні

На рис. 7.8 зображена нормаль ON до задньої заточувальної площини в початковому положенні різця. Прийнято, що всі три осі повороту B, \bar{B}, A проходять через точку O . Точка N при обертанні круга осі B опише коло C , яке буде характеризувати всі можливі положення нормалі ON при її поворотах навколо осі B . Якщо обертати коло C навколо осі \bar{B} , то воно опише поверхню сфери Σ . Поверхня Σ буде характеризувати можливі положення нормалі ON при її поворотах навколо осей B та \bar{B} . Якщо обертати поверхню сфери Σ навколо осі A , то буде утворена повністю сферична поверхня з центром в точці O , яка буде характеризувати всі можливі положення нормалі при поворотах навколо трьох осей B, \bar{B}, A .

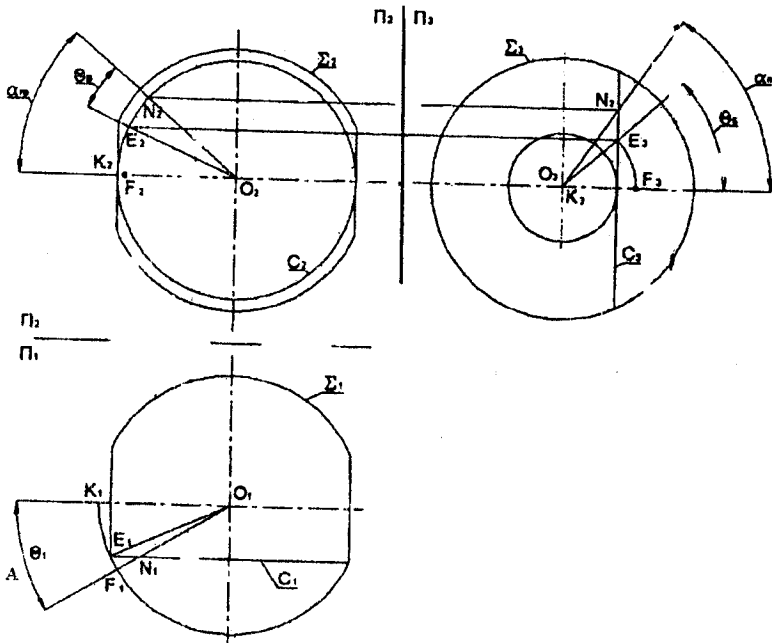


Рис. 7.8. Визначення кутів установки при заточуванні задньої площини різця

Для того щоб нормаль ON стала перпендикулярною до площини Π_3 , вона повинна бути суміщена з прямою OK . Для цього необхідно, щоб в результаті двох перших поворотів навколо осей B та B нормаль ON була приведена в горизонтальне положення. Тільки в цьому випадку, обертаючи нормаль ON навколо вертикальної осі A , її можна сумістити з прямою OK . Необхідні величини кутів повороту θ_B та θ_B можуть бути різноманітними. Один з кутів повороту можна вибирати довільно. Нехай кут повороту навколо осі B буде дорівнювати θ_B і нормаль з початкового положення переходить в положення OE . Тоді для приведення нормалі в горизонтальне положення, необхідно здійснити поворот навколо осі B на кут θ_B . Кут θ_B знаходиться між прямими O_3F_3 та O_3E_3 . Тоді для суміщення нормалі з прямою OK її необхідно повернути на кут θ_A , який знаходиться між прямими O_1K_1 та O_1F_1 . Таким чином можна визначити різні співвідношення кутів установки θ_A , θ_B , θ_B , при яких буде забезпечена вірна установка різця при заточуванні його головної задньої площини. Зокрема, один з кутів повороту може дорівнювати нулю. Прийняти рівним нулю кут θ_A неможливо, оскільки вірна установка різця в цьому випадку неможлива. Пояснюється це тим, що різноманітні положення нормалі при поворотах навколо осей B та B не включають точку K , а отже, обертання тільки навколо осей B та B неможливо сумістити точку N нормалі ON з точкою K .

При вирішенні задач, які розглядаються, послідовність поворотів необхідно вибирати у відповідності з конструкцією пристосування, що використовується. Так, якщо в даному випадку перший поворот здійснити навколо осі B , то вісь B також повернеться і змінить своє положення, що ускладнить рішення цієї задачі.

Розглянемо визначення кутів установки при заточуванні передньої площини різця. Початкове положення різця при заточуванні його передньої площини зображене на рис. 7.7, б.

В цьому випадку опорна площина різця, що співпадає в початковий момент з площиною Π_1 , проходить паралельно до торця шліфувального круга. Тому різець необхідно встановити так, щоб його передня площина була направлена до площини

Π_1 , а нормаль до передньої площини була перпендикулярна до площини Π_1 .

Перший поворот лещат здійснимо навколо осі B , яка проходить перпендикулярно до площини Π_1 . На рис. 7.9 зображена нормаль ON до передньої площини в початковому положенні різця. Прийнято, що осі повороту B, B', A , проходять через точку O , а поздовжній передній кут γ_{np} має від'ємне значення.

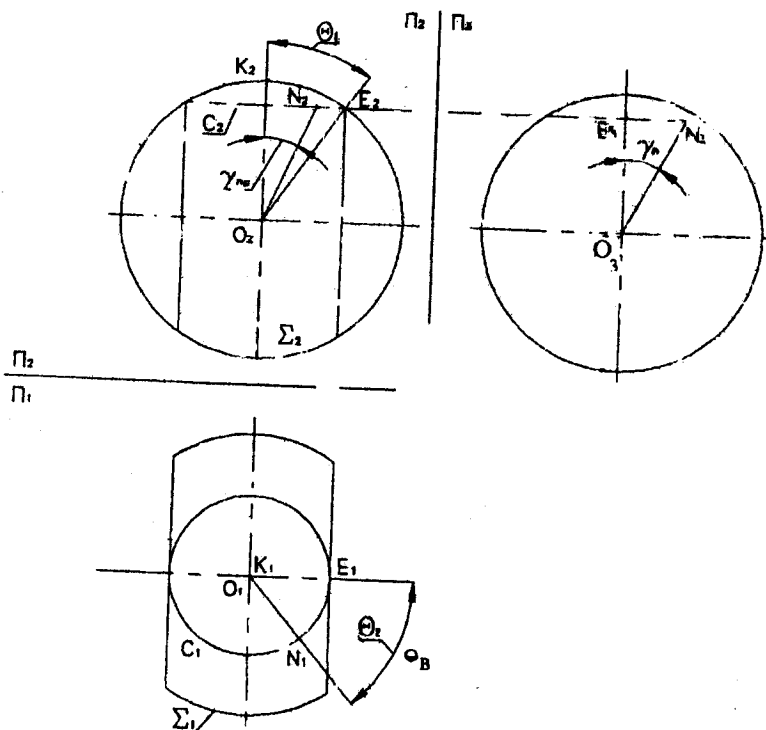


Рис. 7.9. Визначення кутів установки при заточуванні передньої площини різця

Під час обертання навколо осі B нормаль ON опише коло C . Коло C , обертаючись навколо осі B , перпендикулярної до площини Π_3 , опише сферу Σ . Поверхня сфери Σ включає точку

K перпендикуляра OK до площини Π_1 . Тому можна забезпечити вірне положення різця при заточуванні передньої площини, використовуючи тільки дві осі повороту B та B . Якщо при установці різця проводити повороти навколо трьох осей B , B та A , то можна знаходити багато різних варіантів кутів установки θ_A , θ_B та θ_B , при яких різець буде заточений вірно. На рис. 7.9 визначені кути θ_B та θ_B при $\theta_A = 0$.

Використовуючи методику, що розглядається, можна визначити кути установки при заточуванні різців з різними величинами геометричних параметрів різальної частини. Формули для розрахунку кутів установки при заточуванні різців наведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.2
Визначення кутів установки лецят при заточуванні різців

Варіанти установок	Заточування торцем круга		
	Заточування передньої площини	Заточування головної задньої площини	Заточування допоміжної задньої площини
	Початкове положення зображене на рис. 7.7, б	Початкове положення зображене на рис. 7.7, а	
I	$\theta_B = 0$ $\operatorname{tg} \theta_B = \frac{\operatorname{tg} \gamma_n}{\operatorname{tg} \gamma_{np}}$ $\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\operatorname{tg} \gamma_{np}}{\cos \theta_B}$	$\theta_B = 0$ $\theta_B = \alpha_{np}$ $\operatorname{ctg} \theta_A = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\sin \alpha_{np}}$	$\theta_B = 0$ $\theta_B = \alpha_{1np}$ $\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{1n}}{\sin \alpha_{1np}}$
II	$\theta_B = 0$ $\theta_B = \gamma_{np}$ $\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{tg} \gamma_{np} \cos \gamma_n$	$\theta_B = 0$ $\theta_B = \alpha_n$ $\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{np}}{\sin \alpha_n}$	$\theta_B = 0$ $\theta_B = \alpha_{1n}$ $\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{1np}}{\sin \alpha_{1n}}$

7.3. Заточування торцевих фрез

7.3.1. Геометричні параметри різальної частини торцевих фрез

Геометрія леза зуба торцевої фрези (рис. 7.10) характеризується наступними кутами: заднім кутом α , переднім кутом γ , кутом нахилу різальної кромки λ , головним кутом в плані φ , допоміжним кутом в плані φ_1 , допоміжним заднім кутом α_1 .

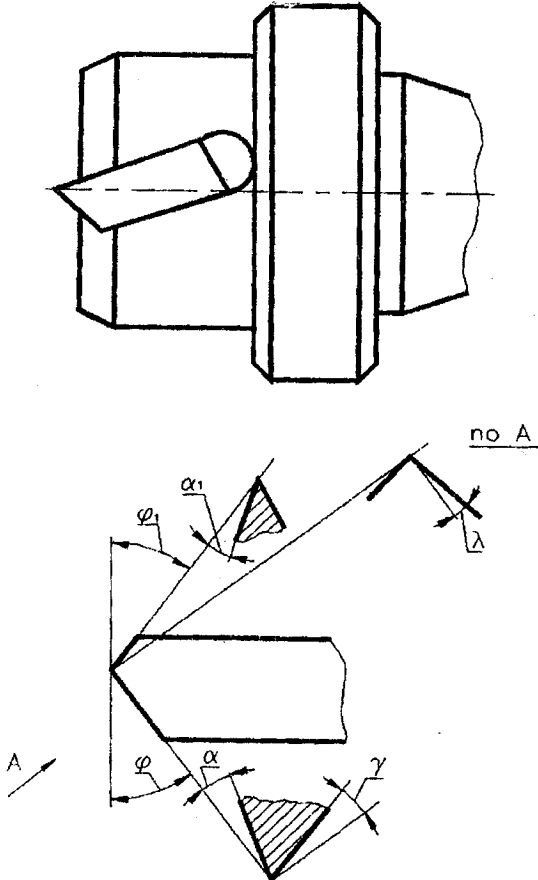


Рис. 7.10. Геометрія зуба торцевої фрези

Для виготовлення та переточування фрез більш зручно задавати положення передніх та задніх площин зуба фрези не в головній та допоміжній площинах, що перетинаються, а в поздовжньому та поперечному перерізах. Тому виникає необхідність перерахунку геометричних параметрів різальної частини фрези з однієї системи відліку в іншу.

Визначимо графічно, наприклад, поперечний задній кут. Відомими будемо вважати задній кут α , що вимірюється головною січною площиною N , при нахилі різальної кромки λ , кут в плані φ .

За площину проєкції Π_1 візьмемо основну площину, на яку в натуральну величину проєктується кут в плані φ . Площину проєкції Π_2 проведемо паралельно до поперечного перерізу (рис. 7.11). Тому в проєкції на площину Π_2 у натуральну величину буде проєктуватися шуканий поперечний задній кут α_{Π} .

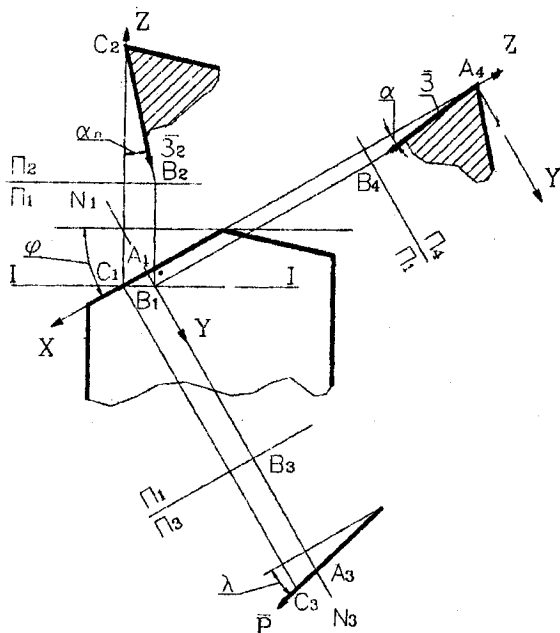


Рис. 7.11. Графічне визначення поперечного заднього кута

За площину Π_3 візьмемо площину, паралельну до різальної кромки і перпендикулярну до площини Π_1 . В проекції на площину Π_3 у натуральну величину проектується кут нахилу різальної кромки λ .

Знаючи кути φ та λ , в системі площин проекції зобразимо проекції A_1C_1 та A_3C_3 різальної кромки AB . За правилом зміни площин проекції знаходимо проекцію A_4 точки A на площину Π_4 .

Через точку A в головній січній площині N , яка проходить перпендикулярно до проекції A_1C_1 різальної кромки на площину Π_1 , проведемо пряму AB , проекція якої на площину Π_4 буде проходити під заданим заднім кутом α .

Дві прямі AB та AC визначають положення задньої площини. Через точку B проведемо поперечний переріз I–I, перпендикулярний до площин Π_1 . Переріз I–I перетинається з різальною кромкою AC в точці C . Пряма CB буде лінією перетину задньої площини та поперечного перерізу.

Проекція A_2C_2 цієї прямої визначає шуканий поперечний задній кут α_{Π} , який за побудовою буде дорівнювати:

$$\operatorname{ctg} \alpha_{\Pi} = \operatorname{ctg} \alpha \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi.$$

При аналітичному визначенні поздовжніх та поперечних передніх і задніх кутів на головній різальній кромці вводиться система координат XYZ . Вісь X направляється по проекції різальної кромки на основну площину (рис. 7.11), вісь Z проводиться перпендикулярно до основної площини, а вісь Y – перпендикулярно до осей X та Z .

В системі координат XYZ запишемо вектор \vec{P} , що проходить по головній різальній кромці. Довжину вектора \vec{P} вибираємо так, щоб довжина його проекції на вісь X дорівнювала одиниці. Тоді:

$$\vec{P} = \vec{i} + \vec{k} \operatorname{tg} \lambda.$$

Вектор \vec{Z} , що проходить по лінії перерізу передньої площини з площиною ZY , виберемо так, щоб довжина його проекції на вісь Y дорівнювала одиниці. Тоді можна записати:

$$\bar{Z} = j - \bar{k} \operatorname{tg} \gamma.$$

Довжину вектора \bar{Z}_1 , який розташований на передній площині в поперечному перерізі, вибираємо так, щоб довжина його проекції на вісь Z дорівнювала $\operatorname{ctg} \gamma_n$. Тоді будемо мати:

$$\bar{Z}_1 = -\bar{l} \cos \varphi + \bar{j} \sin \varphi - \bar{j} \sin \varphi - \bar{k} \operatorname{ctg} \gamma_n.$$

Вектори \bar{P} , \bar{Z} та \bar{Z}_1 лежать в одній головній задній площині зуба фрези, тому їх змішаний добуток дорівнює нулю. Отже, можна записати:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & \operatorname{tg} \lambda \\ 0 & 1 & -\operatorname{ctg} \alpha \\ -\cos \varphi & \sin \varphi & -\operatorname{ctg} \alpha_n \end{vmatrix} = 0.$$

Розкриваючи визначник, отримуємо:

$$-\operatorname{ctg} \alpha_n + \operatorname{ctg} \alpha \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi = 0.$$

Звідси:

$$\operatorname{ctg} \alpha_n + \operatorname{ctg} \alpha \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi.$$

Аналогічно можуть бути визначені інші поздовжні та поперечні кути торцевої фрези. При відомих кутах γ , λ , α , φ , φ_1 , φ_1 поздовжні та поперечні кути підраховуються за формулами табл. 7.3.

Таблиця 7.3

Поздовжні та поперечні кути інструмента

Площина, що заточується	Поздовжні кути	Поперечні кути
Передня	$\operatorname{tg} \gamma_{np} = \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi - \operatorname{tg} \lambda \sin \varphi$	$\operatorname{tg} \gamma_n = \operatorname{tg} \gamma_n \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi$
Головна задня	$\operatorname{ctg} \alpha_{np} = \operatorname{ctg} \alpha \cos \varphi - \operatorname{tg} \lambda \sin \varphi$	$\operatorname{ctg} \alpha_n = \operatorname{ctg} \alpha \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi$
Допоміжна задня	$\operatorname{ctg} \alpha_{1np} = \operatorname{ctg} \alpha_1 \cos \varphi_1 + \operatorname{tg} \lambda_1 \sin \varphi_1$	$\operatorname{ctg} \alpha_{1n} = \operatorname{ctg} \alpha_1 \sin \varphi_1 - \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi_1$

7.3.2. Визначення кутів установки при заточуванні торцевих фрез

Багато інструментів мають плоскі поверхні на різальній частині, по яких їх переточують. Положення плоских поверхонь характеризується геометричними параметрами.

Для отримання при заточуванні заданих геометричних параметрів різальної частини необхідно інструмент встановити в таке положення, при якому площина, що заточується, була б паралельною до робочої поверхні шліфувального круга. Установка та закріплення інструмента при заточуванні проводиться в пристосуваннях, які мають відповідні осі повороту. Тому необхідно визначити кути установки, кути повороту пристосування навколо його осі, що забезпечують установку інструмента в необхідне положення відносно шліфувального круга.

Методика аналітичного вирішення поставленої задачі може бути наступною:

1. Визначається нормаль до площини зуба фрези, що заточується, при відповідному початковому положенні універсально-заточувальної головки та закріпленої в ній фрези.

2. Виводяться формули переходу від системи координат, зв'язаної із заточувальним зубом фрези, до системи координат, зв'язаної з верстатом, при довільних кутах повороту шпинделя універсально-заточувальної головки навколо відповідних осей.

3. Записується, використовуючи формули переходу, рівняння нормалі в системі координат, зв'язаній з верстатом, при довільних кутах повороту головки.

4. З можливих положень нормалі відбирають ті, при яких нормаль до площини, що заточується, буде перпендикулярна до робочої площини шліфувального круга. Кути повороту головки, що відповідають цьому положенню нормалі, і будуть шуканими кутами, при дотриманні яких при заточуванні буде забезпечене одержання необхідних геометричних параметрів різальної частини фрези.

Розглянемо приклад визначення кутів установки при заточуванні задньої площини зуба фрези.

Початкове положення фрези при заточуванні головної задньої площини зображене на рис. 7.12. В початковому положенні вісь фрези та вершина зуба, що заточується, лежать в одній горизонтальній площині. Будемо вважати, що при заточуванні будуть використовуватись осі повороту A та B . Із зубом фрези, що заточується, зв'яжемо систему координат $X_1Y_1Z_1$.

За площину X_1Y_1 візьмемо основну площину зуба фрези. Вісь X_1 направимо вздовж осі фрези, а вісь Y_1 – перпендикулярно до осі фрези. Вісь Z_1 проходить перпендикулярно до осей X_1 та Y_1 . При вибраній таким чином системі координат площина X_1Z_1 відповідає поздовжньому перерізу зуба, а площина X_1Y_1 – поперечному.

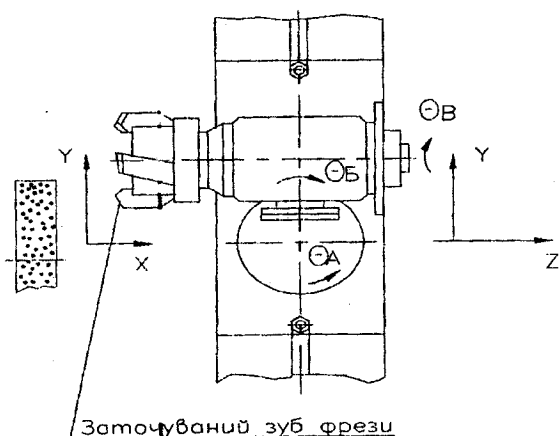


Рис. 7.12. Початкове положення торцевої фрези при заточуванні заднього кута

З віссю B головки зв'яжемо систему координат $X_0Y_0Z_0$, з віссю A – систему координат $X_2Y_2Z_2$, із станиною верстата – систему координат $X_3Y_3Z_3$. Будемо вважати, що в початковий момент, зображений на рис. 7.12, всі названі системи координат співпадають і кути повороту θ навколо осей B , B рівні нулю ($\theta_B = 0$, $\theta_B = 0$, $\theta_A = 0$). Прийнемо також, що при заточуванні фрези відносно шпинделя головка не переміщається. Тому система $X_1Y_1Z_1$ завжди співпадає з системою $X_0Y_0Z_0$. Отже, при

визначенні кутів установки будемо розглядати тільки три системи координат $X_1Y_1Z_1$, $X_2Y_2Z_2$, $X_3Y_3Z_3$.

Поворот універсально-заточувальної головки навколо осі B на довільний кут θ_B буде викликати поворот системи $X_1Y_1Z_1$ відносно системи $X_2Y_2Z_2$ навколо осі X_2 на кут θ_B , а поворот головки навколо осі A на довільний кут θ_A буде викликати поворот системи $X_2Y_2Z_2$ відносно нерухомої системи $X_3Y_3Z_3$ навколо осі X_3 на кут θ_A . При прийнятих позначеннях запишемо формули переходу від системи $X_1Y_1Z_1$ до системи $X_2Y_2Z_2$:

$$\begin{aligned} X_2 &= X_1; \\ Z_2 &= Z_1 \cos \theta_B - Y_1 \sin \theta_B; \\ Y_2 &= Y_1 \cos \theta_B + Z_1 \sin \theta_B. \end{aligned}$$

Формули переходу від системи $X_2Y_2Z_2$ до систем $X_3Y_3Z_3$ при повороті навколо осі на кут θ_A будуть:

$$\begin{aligned} X_3 &= X_2; \\ Y_3 &= Y_2 \cos \theta_A - X_2 \sin \theta_A; \\ Z_3 &= X_2 \cos \theta_A - Y_2 \sin \theta_A. \end{aligned}$$

Звідси, формули переходу від системи $X_1Y_1Z_1$ до системи $X_3Y_3Z_3$ можна записати наступним чином:

$$\begin{aligned} X_3 &= X_1 \cos \theta_A + \sin \theta_A (Y_1 \cos \theta_B + Z_1 \sin \theta_B); \\ Y_3 &= \cos \theta_A (Y_1 \cos \theta_B + Z_1 \sin \theta_B) - X_1 \sin \theta_A; \\ Z_3 &= Z_1 \cos \theta_B - Y_1 \sin \theta_B. \end{aligned}$$

В системі координат $X_1Y_1Z_1$, яка зв'язана із заточуванням зубом фрези, проведемо вектор \vec{Z}_1 , що проходить паралельно лінії перетину головної площини та площини X_1Y_1 , яка відповідає поперечному перерізу (рис. 7.13).

Вектор \vec{Z}_1 може бути записаний наступним чином:

$$\vec{Z}_1 = \vec{j} \operatorname{tg} \alpha_n - \vec{k}.$$

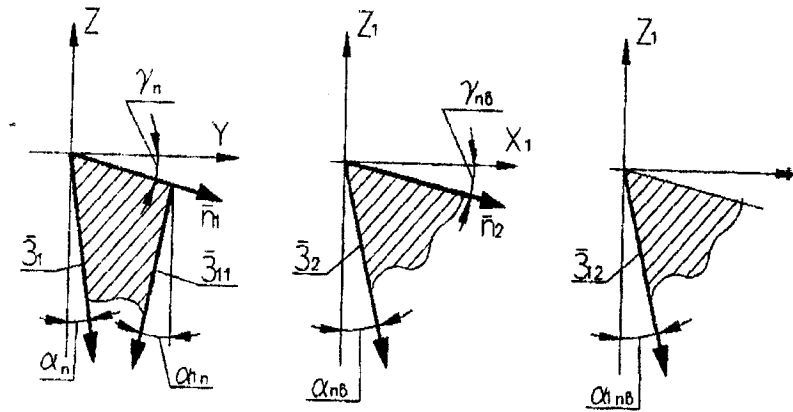


Рис. 7.13. Визначення кутів установки при заточуванні торцевої фрези

Паралельно лінії перетину головної задньої площини зуба фрези та площини Z_1Y_1 , яка відповідає поздовжньому перерізу, проведемо вектор \bar{z}_2 . Довжину його проекції на вісь Z_1 візьмемо рівною одиниці.

Тоді можна записати:

$$\bar{z}_2 = \text{tg } \alpha_{np} - \bar{k}.$$

Вектор нормалі \bar{N}_3 до головної задньої площини зуба фрези визначається як векторний добуток векторів \bar{z}_1 та \bar{z}_2 , які розташовані в цій площині:

$$\bar{N}_3 = [\bar{z}_1 \times \bar{z}_2].$$

В координатній площині цей добуток запишемо наступним чином:

$$\bar{N}_3 = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 0 & \text{tg } \alpha_n & -1 \\ \text{tg } \alpha_{np} & 0 & -1 \end{vmatrix}.$$

Розкриваючи визначник, одержимо:

$$\bar{N}_3 = \bar{l}(-tg\alpha_n) - \bar{j}(tg\alpha_{np}) + \bar{k}(-tg\alpha_n).$$

Таким чином, координати вектора в системі $X_1Y_1Z_1$ будуть:

$$\begin{aligned} X_1 &= -tg\alpha_n; \\ Y_1 &= tg\alpha_{np}; \\ Z_1 &= -tg\alpha_{np}tg\alpha_n. \end{aligned}$$

Координати вектора \bar{N}_3 в системі $X_3Y_3Z_3$ визначаються за допомогою формул перетворення координат і будуть мати вигляд:

$$\begin{aligned} X_3 &= -tg\alpha_n \cos\theta_A + \sin\theta_A [-tg\alpha_{np} \cos\theta_B + \sin\theta_B (tg\alpha_n)]; \\ Y_3 &= \cos\theta_A [-tg\alpha_{np} \cos\theta_B + \sin\theta_B (-tg\alpha_{np}tg\alpha_n)] + tg\alpha_n \sin\theta_A; \\ Z_3 &= -tg\alpha_{np}tg\alpha_n \cos\theta_B + tg\alpha_{np} \sin\theta_B. \end{aligned}$$

При заточуванні нормаль \bar{N}_3 до заточувальної задньої площини зуба повинна бути перпендикулярною до робочої площини шліфувального круга, яка проходить паралельно до площини Z_3Y_3 . Отже, у випадку, який розглядається, нормаль \bar{N}_3 повинна проходити паралельно осі X_3 , а її проекції на вісь Z_3 і Y_3 повинні дорівнювати нулю, тобто:

$$\begin{aligned} -tg\alpha_{np}tg\alpha_n \cos\theta_B + tg\alpha_{np} \sin\theta_B &= 0; \\ \cos\theta_A (-tg\alpha_{np} \cos\theta_B - tg\alpha_{np}tg\alpha_n \sin\theta_B) + tg\alpha_n \sin\theta_A &= 0. \end{aligned}$$

Розв'язуючи перше рівняння відносно θ_B , отримаємо:

$$tg\theta_B = tg\alpha_n.$$

Отже, $\theta_B = tg\alpha_n$.

Цей же результат отримали при графічному розв'язку задачі.

Визначимо кут θ_A з другого рівняння:

$$tg\theta_A = \frac{tg\alpha_n \cos\theta_B + tg\alpha_{np}tg\alpha_n \sin\theta_B}{tg\alpha_n}.$$

Підставляючи замість θ_B його значення $\theta_B = \alpha_n$, після перетворень будемо мати:

$$\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{np}}{\sin \alpha_n}.$$

Аналогічним чином можна визначити кути установки універсально-заточувальної головки при використанні інших осей повороту.

Так, якщо прийняти кут $\theta_B = 0$, то кути установки можна при заточуванні задньої площини зуба фрези будуть:

$$\theta_B = 0;$$

$$\theta_b = \alpha_{np};$$

$$\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{ctg} \alpha_n \sin \alpha_{np}.$$

При $\theta_A = 0$ будемо мати:

$$\theta_B = 90^\circ - \beta_n;$$

$$\operatorname{tg} \theta_b = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{np}}{\cos \theta_B}.$$

Необхідно враховувати, що при $\theta_A = 0$ кути θ_B та θ_b будуть надто великі і не завжди їх можна відтворити в реальних умовах заточування торцевих фрез.

Розглянемо приклад визначення кутів установки при заточуванні допоміжної задньої площини зуба фрези.

Початкове положення фрези збережемо попередніми (рис. 7.12). Будемо вважати, що при заточуванні будуть використовуватися осі повороту A та B .

В системі координат $X_1 Y_1 Z_1$, зв'язаній із заточуванням зубом фрези, проведемо вектор \bar{Z}_{11} , який проходить паралельно лінії перерізу допоміжної задньої площини та площини $X_1 Y_1$, яка відповідає поперечному перерізу (див. рис. 7.13).

Вектор \bar{Z}_{11} може бути записаний наступним чином:

$$\bar{Z}_{11} = \bar{j} \operatorname{tg} \alpha_{1n} - \bar{k}.$$

Паралельно до лінії перетину допоміжної задньої площини X_1Y_1 проведемо вектор \bar{Z}_{12} .

Запишемо його наступним чином:

$$\bar{Z}_{12} = \bar{j} \operatorname{tg} \alpha_{1n} - \bar{k}.$$

Вектор нормалі \bar{N}_B до допоміжної задньої площини зуба фрези буде визначатися як векторний добуток векторів \bar{Z}_{11} та \bar{Z}_{12} , що розташовані в цій площині:

$$\bar{N}_B = [\bar{Z}_{11} \times \bar{Z}_{12}].$$

В координатній формі цей добуток запишемо наступним чином:

$$\bar{N}_B = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 0 & -\operatorname{tg} \alpha_{1n} & -1 \\ \operatorname{tg} \alpha_{1np} & 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

Розкриваючи визначник, одержимо:

$$N_B = \bar{i} \operatorname{tg} \alpha_{1n} - \bar{j} \operatorname{tg} \alpha_{1np} + \bar{k} \operatorname{tg} \alpha_{1np} \operatorname{tg} \alpha_{1n}.$$

Таким чином, координати вектора \bar{N}_B в системі $X_1Y_1Z_1$ будуть:

$$X_1 = \operatorname{tg} \alpha_{1n};$$

$$Y_1 = -\operatorname{tg} \alpha_{1np};$$

$$Z_1 = \operatorname{tg} \alpha_{1np} \operatorname{tg} \alpha_{1n}.$$

Координати вектора \bar{N}_B в системі $X_3Y_3Z_3$ визначаються за допомогою формул перетворення координат і будуть рівні:

$$X_3 = \operatorname{tg} \alpha_1 \cos \theta_A + \sin \theta_A (-\operatorname{tg} \alpha_{1n} \cos \theta_B + \operatorname{tg} \alpha_{1n} \sin \theta_B);$$

$$Y_3 = \cos \theta_A (-\operatorname{tg} \alpha_{1n} \cos \theta_B + \operatorname{tg} \alpha_{1n} \sin \theta_B) - \operatorname{tg} \alpha_{1n} \sin \theta_A;$$

$$Z_3 = \operatorname{tg} \alpha_{1np} \operatorname{tg} \alpha_{1n} \cos \zeta_B + \operatorname{tg} \alpha_{1np} \sin \theta_B.$$

При заточуванні нормаль \bar{N}_B до заточуваної допоміжної площини зуба фрези повинна бути перпендикулярною до робо-

чої площини шліфувального круга, а отже, паралельною до осі X_3 . Її проекції на осі Z_3 та Y_3 повинні дорівнювати нулю, тобто:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\alpha_{1np}\operatorname{tg}\alpha_{1n}\cos\theta_B + \operatorname{tg}\alpha_{1np}\sin\theta_B &= 0; \\ \cos\theta_A(-\operatorname{tg}\alpha_{1np}\cos\theta_B + \operatorname{tg}\alpha_{1np}\operatorname{tg}\alpha_{1n}\sin\theta_B) - \operatorname{tg}\alpha_{1n}\sin\theta_A &= 0. \end{aligned}$$

Розв'язуючи перше рівняння відносно θ_B , отримаємо:

$$\operatorname{tg}\theta_B = -\operatorname{tg}\alpha_{1n}.$$

Отже, $\theta_B = -\alpha_{1n}$.

Визначимо кут θ_A , розв'язуючи друге рівняння і враховуючи, що $\theta_B = -\alpha_{1n}$:

$$\operatorname{tg}\theta_A = \frac{\operatorname{tg}\alpha_{1np}\operatorname{tg}\alpha_{1n}\sin\alpha_{1n} - \operatorname{tg}\alpha_{1np}\cos\alpha_{1np}}{\operatorname{tg}\alpha_{1n}}.$$

Після перетворень будемо мати:

$$\operatorname{tg}\theta_A = \frac{-\operatorname{tg}\alpha_{1np}}{\sin\alpha_{1n}}.$$

Аналогічним чином можна визначити кути установки універсально-заточувальної головки при використанні інших осей повороту.

Так, якщо прийняти кут $\theta_B = 0$, то кути установки головки при заточуванні допоміжної площини зуба фрези будуть:

$$\begin{aligned} \theta_B &= 0; \\ \theta_B &= \alpha_{1np}; \\ \operatorname{tg}\theta_A &= -\operatorname{ctg}\alpha_{1n}\sin\alpha_{1np}. \end{aligned}$$

Розглянемо визначення кутів установки при заточуванні передньої площини зуба фрези. Початкове положення фрези зберігати попереднім (див. рис. 7.12). Будемо вважати, що при заточуванні будуть використовуватись осі повороту B та A , а кут $\theta_B = 0$.

В системі координат $X_1Y_1Z_1$, зв'язаній із заточуванням зубом фрези, проведено вектор \vec{n}_1 , що проходить паралельно лінії перетину передньої площини та площини X_1Y_1 , яка відповідає поперечному перерізу (див. рис. 7.13). Вектор може бути записаний наступним чином:

$$\bar{n}_1 = \bar{j} - \bar{k} \operatorname{tg} \gamma_n.$$

Паралельно до лінії перетину передньої площини та площини X_1Z_1 , що відповідає поздовжньому перерізу, проведемо вектор \bar{n}_2 . Він може бути записаний наступним чином:

$$\bar{n}_2 = \bar{l} - \bar{k} \operatorname{tg} \gamma_{np}.$$

Вектор нормалі \bar{N}_n до передньої площини зуба фрези визначиться як векторний добуток векторів \bar{n}_1 та \bar{n}_2 :

$$\bar{N}_n = [\bar{n}_1 \times \bar{n}_2].$$

В координатній формі цей добуток запишемо наступним чином:

$$\bar{N}_n = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 0 & 1 & -\operatorname{tg} \gamma_n \\ 1 & 0 & -\operatorname{tg} \gamma_{np} \end{bmatrix} = 0.$$

Розкриваючи визначник, одержимо:

$$\bar{N}_n = \bar{l}(-\operatorname{tg} \gamma_{np}) - \bar{j} \operatorname{tg} \gamma_n + \bar{k}(-1).$$

Таким чином, координати вектора \bar{N}_n в системі $X_1Y_1Z_1$ будуть:

$$X_1 = -\operatorname{tg} \gamma_{np};$$

$$Y_1 = -\operatorname{tg} \gamma_n;$$

$$Z_1 = 1.$$

Координати вектора \bar{N}_n в системі $X_3Y_3Z_3$ визначаються за допомогою формул перетворення координат і будуть рівні:

$$X_3 = -\operatorname{tg} \gamma_{np} \cos \theta_A + \sin \theta_A (-\operatorname{tg} \gamma_n \cos \theta_B - \sin \theta_B);$$

$$Y_3 = \cos \theta_A + \sin \theta_A (-\operatorname{tg} \gamma_n \cos \theta_B - \sin \theta_B) - \operatorname{tg} \gamma_{np} \sin \theta_A;$$

$$Z_3 = -\cos \theta_B + \operatorname{tg} \gamma_n \sin \theta_B.$$

При заточуванні нормаль \bar{N}_n до передньої площини зуба фрези повинна бути перпендикулярною до робочої площини

шліфувального круга, отже, паралельна до осі X_3 . Її проекції на осі Z_3 та Y_3 повинні дорівнювати нулю, тобто:

$$\begin{aligned} -\cos \theta_B + \operatorname{tg} \gamma_n \sin \theta_B &= 0; \\ \cos \theta_A (-\operatorname{tg} \gamma_n \cos \theta_B - \sin \theta_B) - \operatorname{tg} \gamma_{np} \sin \theta_A &= 0. \end{aligned}$$

Розв'язуючи перше рівняння відносно θ_B , одержимо:

$$\begin{aligned} \operatorname{ctg} \theta_B &= \operatorname{tg} \gamma_n; \\ \theta_B &= 90^\circ - \gamma_n. \end{aligned}$$

З другого рівняння, вважаючи, що кут $\theta_B = 90^\circ - \gamma_n$, визначимо кут θ_A :

$$\operatorname{tg} \theta_A = \frac{-\operatorname{tg} \gamma_n - \cos \gamma_n}{\operatorname{tg} \gamma_{np}}.$$

Після перетворень одержимо:

$$\operatorname{tg} \theta_A = \frac{-\operatorname{ctg} \gamma_{np}}{\cos \gamma_n}.$$

Аналогічним чином можна визначити кути установки універсально-заточувальної головки при заточуванні передньої площини зуба фрези та використанні інших осей повороту.

Розглянемо заточування передньої площини зуба торцевої фрези периферією дискового круга.

В цьому випадку фреза, закріплена в головці, здійснює зворотно-поступальний рух разом зі столом верстата, під час якого дисковий шліфувальний круг обробляє горизонтальну площину, паралельну площині стола верстата та дотичну до циліндричної поверхні шліфувального круга. Тому зубу фрези необхідно надати таке положення при заточуванні, при якому передня площина, яка заточується, буде паралельною горизонтальній площині стола верстата, тобто площині X_3Y_3 . Початкове положення фрези збережемо попереднім (див. рис. 7.12). Будемо вважати, що при заточуванні будуть використовуватися осі повороту B та B . З віссю B головки буде зв'язана система $X_1Y_1Z_1$,

з віссю B – система $X_2Y_2Z_2$, із станиною верстата – система $X_3Y_3Z_3$.

Поворот універсально-заточувальної головки навколо осі B на кут θ_B буде викликати поворот системи $X_1Y_1Z_1$ відносно системи $X_2Y_2Z_2$ навколо осі X_2 . Поворот головки навколо осі B буде викликати поворот системи $X_2Y_2Z_2$ навколо осі Y_3 на кут θ_B .

Формули переходу від системи $X_1Y_1Z_1$ до системи $X_2Y_2Z_2$ будуть мати вигляд:

$$\begin{aligned} X_2 &= X_1; \\ Z_2 &= Z_1 \cos \theta_B - Y_1 \sin \theta_B; \\ Y_2 &= Y_1 \cos \theta_B + Z_1 \sin \theta_B. \end{aligned}$$

Формули переходу від системи $X_2Y_2Z_2$ до системи $X_3Y_3Z_3$ при повороті навколо осі B на кут θ_B будуть:

$$\begin{aligned} Y_3 &= Y_2; \\ X_3 &= X_2 \cos \theta_B + Z_2 \sin \theta_B; \\ Z_3 &= Z_2 \cos \theta_B - X_2 \sin \theta_B. \end{aligned}$$

Звідси формули переходу від системи $X_1Y_1Z_1$ до системи $X_3Y_3Z_3$ можна записати наступним чином:

$$\begin{aligned} Y_3 &= Y_1 \cos \theta_B + Z_1 \sin \theta_B; \\ X_3 &= X_1 \cos \theta_B + (Z_1 \cos \theta_B - Y_1 \sin \theta_B) \sin \theta_B; \\ Z_3 &= (Z_1 \cos \theta_B - Y_1 \sin \theta_B) \cos \theta_B - X_1 \sin \theta_B. \end{aligned}$$

В системі $X_1Y_1Z_1$ нормаль \bar{N}_n до заточувальної передньої площини буде:

$$\bar{N}_n = l(-tg\gamma_{np}) - \bar{j}tg\gamma_n - \bar{k}(-1).$$

Координати вектора \bar{N}_n в системі $X_1Y_1Z_1$ будуть:

$$\begin{aligned} X_1 &= -tg\gamma_{np}; \\ Y_1 &= -tg\gamma_n; \\ Z_1 &= -1. \end{aligned}$$

Координати вектора \bar{N}_n в системі $X_3Y_3Z_3$ визначаються за допомогою формул перетворення координат і будуть:

$$Y_3 = \operatorname{tg} \gamma_{np} \cos \theta_B + (-\cos \theta_B + \operatorname{tg} \gamma_n \sin \theta_B) \sin \theta_B;$$

$$X_3 = \operatorname{tg} \gamma_{np} \cos \theta_B + (-\cos \theta_B + \operatorname{tg} \gamma_n \sin \theta_B) \sin \theta_B;$$

$$Z_3 = (-\cos \theta_B + \operatorname{tg} \gamma_n \sin \theta_B) \cos \theta_B + \operatorname{tg} \gamma_{np} \sin \theta_B.$$

При заточуванні необхідно, щоб нормаль \bar{N}_n до передньої площини зуба фрези була вертикальною. Отже, проекції нормалі \bar{N}_n на осі X_3 та Y_3 повинні дорівнювати нулю.

Звідси:

$$-\operatorname{tg} \gamma_{np} \cos \theta_B - \sin \theta_B = 0;$$

$$\operatorname{tg} \gamma_{np} \cos \theta_B + (\cos \theta_B + \operatorname{tg} \gamma_n \sin \theta_B) \sin \theta_B = 0.$$

Розв'язуючи перше рівняння відносно кута θ_B , одержимо:

$$\operatorname{tg} \theta_B = -\operatorname{tg} \gamma_n.$$

Звідси $\theta_B = -\gamma_n$.

Таблиця 7.4

Формули для визначення кутів установки при заточуванні торцевих фрез торцем круга

Розрахункові формули для визначення кутів установки при заточуванні:		
головної задньої площини	передньої площини	допоміжної задньої площини
$\theta_B = 0;$ $\theta_B = \alpha_{np};$ $\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{ctg} \alpha_{np} \sin \alpha_{np}$	$\theta_B = 0;$ $\operatorname{tg} \theta_B = \operatorname{tg} \gamma_n \operatorname{ctg} \gamma_{np};$ $\operatorname{ctg} \theta_A = \operatorname{ctg} \gamma_n \sin \theta_B$	$\theta_B = 0;$ $\theta_B = \alpha_{1np};$ $\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{ctg} \alpha_{1np} \sin \alpha_{1np}$
$\theta_B = 0;$ $\theta_B = \alpha_n;$ $\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{np}}{\sin \alpha_n}$	$\theta_B = 0;$ $\theta_B = \gamma_n;$ $\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{tg} \gamma_{np} \cos \gamma_{np}$	$\theta_B = 0;$ $\theta_B = \alpha_{1n};$ $\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{1np}}{\sin \alpha_{1n}}$
$\theta_B = 0;$ $\theta_B = 90^\circ - \alpha_n;$ $\operatorname{tg} \theta_B = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{np}}{\sin \alpha_n}$	При $\theta_A = 0$ вірне встановлення не можливе	$\theta_A = 0;$ $\theta_B = 90^\circ - \alpha_{1n};$ $\operatorname{tg} \theta_B = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{1np}}{\sin \alpha_{1n}}$

З другого рівняння, враховуючи, що кут $\theta_B = -\gamma_n$, визначаємо кут θ_B :

$$\operatorname{tg} \theta_B = \frac{\operatorname{tg} \gamma_{np}}{\cos \gamma_n + \operatorname{tg} \gamma_n \sin \gamma_n}.$$

Після перетворення одержимо:

$$\operatorname{tg} \theta_B = -\operatorname{tg} \gamma_{np} \cos \gamma_n.$$

Умови вірного встановлення фрези при заточуванні передньої площини її зубів периферією круга будуть задоволені при довільному значенні кута установки θ_A .

Це пояснюється тим, що нормаль після поворотів навколо осей B та B' займає вертикальне положення і наступний поворот навколо вертикальної осі A зберігає вертикальне положення нормалі.

Частинні формули для розрахунку кутів установки головки при заточуванні торцевих фрез наведені в табл. 7.4.

7.4. Заточування циліндричних фрез

Різні типи фрез мають зубці і, відповідно, різальні кромки, розташовані на поверхні круглого циліндра. Канавки для стружки таких інструментів можуть бути прямими та гвинтовими.

При виготовленні таких фрез їх заточують спочатку по передній поверхні, а потім, після шліфування стрічки по зовнішній поверхні, заточують задню поверхню.

При експлуатації переточування виконують, як правило, по задній поверхні.

Переточування фрез, що розглядаються, по передніх поверхнях виконується тільки при необхідності заглиблення канавок для стружки або при наявності дефектів на передній поверхні.

Заточування задньої поверхні фрез з прямими канавками для стружки виконується периферією дискового шліфувального круга (рис. 7.14, б) або ж торцевою площиною чашкового круга (рис. 7.14, а). Для обробки необхідного заднього кута при зато-

чуванні периферією дискового круга вісь шліфувального круга зміщують відносно інструмента, що заточується, на величину H .
Величина H розраховується за формулою:

$$H = R_k \sin \alpha,$$

де H – відстань від опорної площини підпори до осі шліфувального круга;

R_k – радіус шліфувального круга;

α – задній кут на зубі фрези.

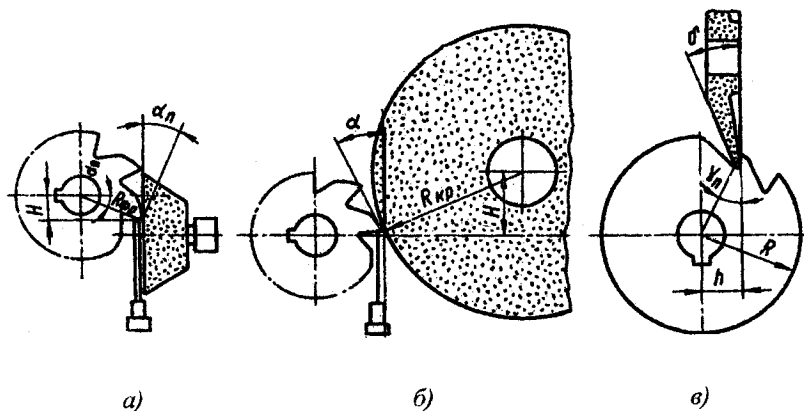


Рис. 7.14. Схеми заточування циліндричних фрез з прямими канавками

При заточуванні задньої поверхні торцевою площиною шліфувального круга (рис. 7.14, а) фреза, що заточується, повертається навколо своєї осі на величину заднього кута α . В цьому випадку величина H , яка характеризує положення вершини зуба, що заточується, визначається за формулою:

$$H = R \sin \alpha,$$

де R – радіус інструмента, що заточується.

Для зменшення зони контакту з інструментом, що заточується, на торцевій поверхні чашкового круга роблять піднут-

рення. При заточуванні необхідно розвернути шліфувальну головку на $1-15^\circ$ відносно нульового (початкового) положення, чим забезпечується робота однією стороною шліфувального круга, зменшується поверхня стикання круга з зубом, що заточується, усувається завал по задній поверхні та пучок іскорок направляється від робочого.

Зуби, що заточуються, фіксуються пружинним упором. Важливо, щоб на упорі лежав той зуб, який заточується, що гарантує усунення помилок, які пов'язані з похибками в кроці зубів. Інколи для заточування прямозубих фрез замість упору використовують ділильну головку, що дає більш надійні та кращі результати.

Заточування задніх поверхонь фрез з гвинтовим зубом проводиться торцем шліфувального круга (рис. 7.15). Для утворення гвинтової задньої поверхні шліфувальний круг відносно розточувальної фрези повинен здійснювати гвинтовий рух, параметр якого дорівнює параметру гвинтової заточувальної поверхні. Гвинтовий рух утворюється копіюванням за допомогою упора, який вводиться в дотик з передньою поверхнею фрези, яка заточується, що дозволяє проводити заточування без використання копіювальної втулки. Цим способом заточуються різноманітні фрези з гвинтовим зубом, до яких не ставлять відносно високі вимоги щодо точності впливу на роботу інструмента та точність обробки.

Заточування проводиться на універсально-заточувальному верстаті. Фреза, що кріпиться на оправці, встановлюється в центрах.

Під час заточування зуб фрези, що заточується, вручну притискається до упору. Упор кріпиться на шліфувальній бабці. Вона встановлюється нижче осі фрези на величину H , яка дорівнює:

$$H = \frac{D}{2} \sin \alpha ,$$

де D – діаметр фрези, яка заточується;
 α – задній кут.

При поздовжньому русі стола з фрезою остання вручну повертається навколо своєї осі, копіюючи змінність поверхонь канавки, до якої дотикається упор.

Заточування фрез з гострокінцевим зубом по передній поверхні проводиться на універсально-заточувальних верстатах. Заточування по передній поверхні необхідно проводити перед шліфуванням по діаметру, щоб уникнути впливу задирок, які з'являються при заточуванні, на точність розмірів по діаметру. Заточування передньої поверхні інструмента з прямими зубами проводиться плоскою стороною тарілчастого круга (рис. 7.14, в).

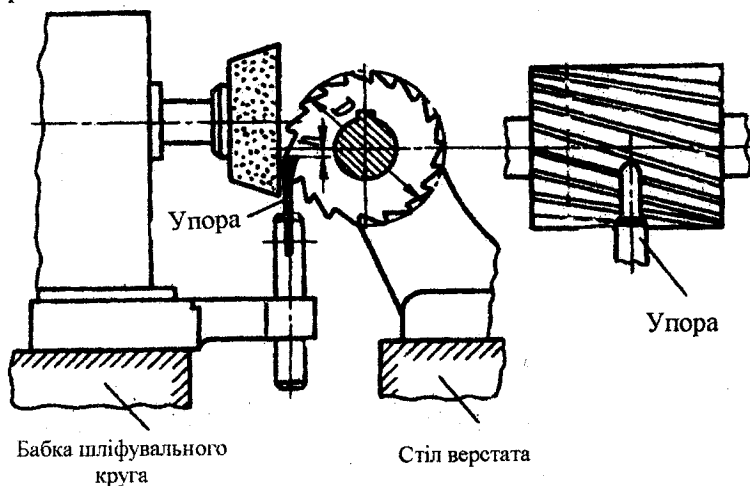


Рис. 7.15. Схема заточування циліндричної фрези з гвинтовими канавками

Величина H зміщення робочої поверхні шліфувального круга відносно осі інструмента, що забезпечує при заточуванні отримання необхідного переднього кута γ , визначається із співвідношення:

$$H = R \sin \gamma_n,$$

де R – радіус інструмента, що заточується;
 γ_n – передній кут.

Заточування передньої поверхні інструментів з гвинтовими зубами проводиться конічною поверхнею тарілчастого круга. Вісь круга при цьому встановлюється під кутом η до площини, перпендикулярної до осі фрези.

Величина кута η визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \eta = \operatorname{tg} \omega \cos(\theta + \gamma),$$

де η – кут повороту стола верстата;

ω – кут нахилу гвинтової канавки;

θ – кут профілю тієї сторони шліфувального круга, яка обробляє передню поверхню;

γ – передній кут в торцевому перерізі фрези.

Величина H зміщення робочої поверхні шліфувального круга відносно осі інструмента в площині, перпендикулярній до гвинтової різальної кромки, шляхом зміщення стола верстата з інструментом дорівнює:

$$H = \frac{R \sin(\gamma + \theta)}{\sqrt{\cos^2(\gamma + \theta) + \sin^2(\gamma + \theta) \cos^2 \omega}},$$

де R – радіус фрези, що заточується;

γ – передній кут;

θ – кут профілю робочої сторони шліфувального круга.

При заточуванні по передній поверхні зубів фрез із гвинтовими канавками використовується втулка копіра з такими, як на фрезі гвинтовими канавками. Заточування передньої поверхні фрез з гвинтовими канавками можна проводити і без втулки копіра. В цьому випадку упора вводиться в дотик з передньою поверхнею зуба, що не заточується.

Контроль якості заточування проводиться зовнішнім оглядом, вимірювання геометричних параметрів різальної частини, биття різальних кромки, шорсткості оброблених поверхонь тощо.

7.5. Заточування спіральних свердел

7.5.1. Геометричні параметри різальної частини спірального свердла

Стандартні спіральні свердла широко використовуються в промисловості при обробці найрізноманітніших виробів. Навести геометрію їх різальної частини у відповідності з умовами експлуатації дозволяють розроблені та випробувані у виробництві різноманітні способи їх заточування.

Рекомендовані форми різальної частини спіральних свердел при обробці металів та їх сплавів наведені в табл. 7.5, а при обробці пластмас – в табл. 7.6.

Таблиця 7.5

Форми різальної частини свердла при обробці металів

Форма різальної частини	Одинарна (нормальна H)	Нормальна з підточуванням поперечній кромці НП	Нормальна з підточкою поперечної кромки та стрічки НРЛ	Подвійне заточування Д	Подвійна з підточуванням поперечної кромки ДП	Подвійна з підточуванням поперечної кромки та стрічки ДПЛ	Подвійна із зрізаною поперечною кромкою ДП-2
Рекомендації щодо використання	Всі металеві матеріали	Сталь, сталеве литво ($\sigma_s \leq 500$ МПа) із незнятою кіркою, алюмінієві жароміцні матеріали, титанові сплави	Сталь, м'яке сталеве литво ($\sigma_s \leq 500$ МПа) із знятою кіркою, алюмінієві жароміцні матеріали, титанові сплави	Чавун, сталь, сталеве литво ($\sigma_s \leq 500$ МПа) із незнятою кіркою, мідні сплави	Чавун із незнятою кіркою, сталеве литво ($\sigma_s \leq 500$ МПа) із незнятою кіркою, мідні сплави	Чавун із знятою кіркою, сталь середньої твердості та сталеве литво ($\sigma_s \leq 500$ МПа) із знятою кіркою	Чавун із знятою кіркою

Геометрія різальної частини при одинарному (нормальному) заточуванні свердла характеризується кутом при вершині

свердла 2φ , кутом нахилу поперечної кромки ψ та заднім кутом α (рис. 7.16). Кут при вершині 2φ вимірюється між основними різальними кромками. Кут нахилу поперечної кромки ψ вимірюється між проєкціями основної та поперечної кромки на площину, перпендикулярну до осі свердла. Задній кут α вимірюється на периферії в циліндричному перерізі, концентричному до осі свердла.

Таблиця 7.6

Форми різальної частини свердел при обробці полімерних матеріалів

Форма різальної частини	Рекомендації щодо використання
Одинарна з підточуванням поперечної кромки та стрічки (НПЛ)	Скло-, вугле- та боропластик
Подвійна з підточуванням поперечної кромки та стрічки (ДПЛ)	Скло-, вугле- та боропластик
Одинарна з підрізаючими різальними кромками (ПРК)	Скло-, вугле- та боропластик, глухі отвори

Примітка: При свердлінні боропластика використовують твердосплавні свердла.

7.5.2. Заточування свердел по площинах

В практиці використовується одноплощинне та двоплощинне заточування свердел по площинах.

При одноплощинному заточуванні задня поверхня кожного зуба виглядає однією площиною R , положення якої визначається тільки двома параметрами – заднім кутом α на периферії та кутом при вершині φ , чи кутом при вершині 2φ та кутом нахилу поперечної кромки ψ . Незалежні величини кутів 2φ , α та ψ забезпечують двоплощинне заточування, коли задня поверхня кожного зуба свердла оформляється по двох площинах R та F .

При аналізі заточування свердел задній кут α в будь-якій точці різальної кромки розглядається як сума двох кутів θ та τ . Кут τ визначається розмірами конструктивних елементів свердла і не залежить від прийнятих способів заточування свердла.

Кут θ формується при заточуванні і є інструментальним заднім кутом. На рис. 7.16, а зображені кути τ_{Π} та θ_{Π} в перерізі, перпендикулярному до осі свердла. Величина кута τ_{Π} дорівнює:

$$\sin \tau_{\Pi} = \frac{0,5d_o}{R_x},$$

де d_o – діаметр серцевини свердла;

R_x – радіус точки різальної кромки, що розглядається.

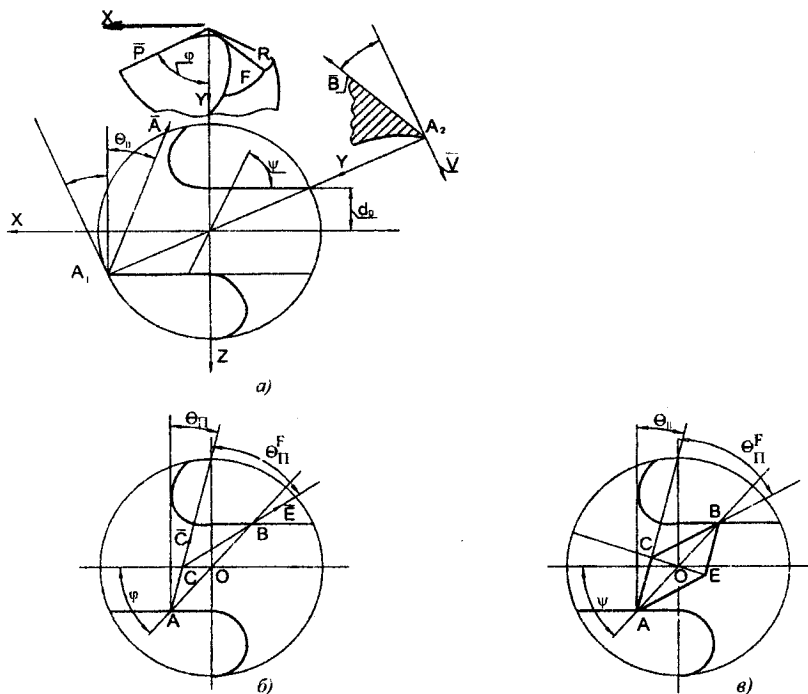


Рис. 7.16. Геометрія різальної частини спірального свердла

Кут θ при заточуванні по площині зберігає постійне значення для всіх точок різальної кромки. Визначимо величину кута θ_{Π} при відомій величині кута при вершині свердла 2φ і заднього кута α на периферії в циліндричному перерізі,

концентричному до осі свердла. По різальній кромці проведемо вектор \vec{P} :

$$\vec{P} = \vec{i} \sin \varphi + \vec{j} \cos \varphi.$$

По дотичній до задньої поверхні, тобто в задній площині, проведемо вектор \vec{A} в перерізі, перпендикулярному до осі свердла, і вектор \vec{B} – в перерізі, дотичному до круглої циліндричної поверхні, вісь якої співпадає з віссю свердла. Для периферійної точки різальної кромки кут τ_{Π} дорівнює:

$$\sin \tau_{\Pi} = \frac{d_e}{D},$$

де D – діаметр свердла.

Вектори \vec{A} та \vec{B} будуть:

$$\begin{aligned}\vec{A} &= -\operatorname{tg} \theta_{\Pi} \vec{k}; \\ \vec{B} &= i \sin \tau_{\Pi} + \vec{j} \operatorname{tg} \alpha - \vec{k} \cos \tau_{\Pi}.\end{aligned}$$

Три вектори \vec{P} , \vec{A} , \vec{B} лежать в одній площині:

Отже, $([\vec{P} \cdot \vec{A}] \vec{B}) = 0$.

В координатній формі це – змішаний добуток, який має вигляд:

$$\begin{vmatrix} \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ -\theta_{\Pi} & 0 & -1 \\ \sin \tau_{\Pi} & \operatorname{tg} \alpha & -\cos \tau_{\Pi} \end{vmatrix} = 0.$$

Отже:

$$\operatorname{tg} \theta_{\Pi} = \frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi - \sin \tau_{\Pi}}{\cos \tau_{\Pi}}.$$

Положення другої площини F зуба свердла повинно бути таким, щоб забезпечити одержання необхідної величини кута ψ нахилу поперечної кромки AB (рис. 7.16, б). До того ж, площина R та площина F перетинається по прямій OC , що проходить через вісь свердла паралельно до різальної кромки. При симет-

ричному заточуванні свердла точки A та B поперечно до кромки лежать в одній площині, перпендикулярній осі свердла. Лінія AC лежить в площині R . Її положення визначається відомим кутом θ_n . Лінія CB лежить в площині F . Її положення визначає кут θ_n^F . Аналізуючи побудову, яка розглядається, одержимо наступну залежність для підрахунку кута θ_n^F :

$$\operatorname{tg} \theta_n^F = 2 \operatorname{ctg} \psi - \operatorname{tg} \theta_n.$$

Лінія OC перетину площин R та F може лежати в осьовій площині, перпендикулярній до лінії AC (рис. 7.16, в). Тоді лінією перетину площини F та перерізу, перпендикулярного осі свердла, буде лінія CB . Лініями перетину суміжних площин R і F будуть BE та EA .

З прямокутного трикутника ACO будемо мати:

$$AC = OC \operatorname{tg} (\psi + \theta_n).$$

З прямокутного трикутника ACE будемо мати:

$$AC = 2OC \operatorname{ctg} (\theta_n^F - \theta_n).$$

Отже:

$$\operatorname{tg} (\theta_n^F - \theta_n) = \frac{2}{\operatorname{tg} (\psi + \theta_n)}.$$

Заточування по площинах проводиться на спеціальних свердлильно-заточувальних верстатах або на універсально-заточувальному верстаті за допомогою універсально-заточувальної головки.

Універсально-заточувальна головка призначена для заточування різноманітного інструмента. Заточування багатозубого інструмента може проводитись з діленням на підпорі або по дільному диску, який працює по типу храпового механізму. Заточувальний інструмент встановлюється в шпинделі безпосередньо або за допомогою перехідної втулки. Універсально-заточувальна головка дозволяє повертати свердло навколо трьох взаємно перпендикулярних осей при його установці відносно шліфувального круга.

Переміщення свердла відносно шліфувального круга проводиться столом верстата.

Для одержання при заточуванні необхідних геометричних параметрів різальної частини необхідно інструмент встановити в таке положення, при якому площина, що заточується, була б паралельною до робочої площини шліфувального круга. Тому необхідно визначити кути повороту універсально-заточувальної головки навколо відповідних осей, які забезпечують установку свердла в необхідне положення відносно шліфувального круга. Задача має безліч рішень.

Методика рішення поставленої задачі прийнята наступною:

– визначається нормаль \bar{N} до площини, що заточується, при вибраному початковому положенні свердла (рис. 7.17), яке кріпиться в універсально-заточувальній головці в системі XYZ , зв'язаній зі свердлом (рис. 7.16);

– вибирається площина $X_3Y_3Z_3$, зв'язана із столом верстата. В початковий момент часу системи XYZ та $X_3Y_3Z_3$ співпадають;

– записуються формули перетворення координат при поворотах елементів головки навколо відповідних осей на довільні кути θ_s , θ_a , θ_b ;

– визначається положення нормалі \bar{N} в системі $X_3Y_3Z_3$ при довільних кутах θ_s , θ_a , θ_b .

– знаходяться кути повороту θ_s , θ_a та θ_b , при яких нормаль \bar{N} встановлюється перпендикулярно до робочої торцевої площини шліфувального круга.

Нормаль \bar{N} до заточувальної площини R буде:

$$\begin{aligned} \bar{N} &= [\bar{P} \cdot \bar{A}] = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ -\operatorname{tg} \theta_{\Pi} & 0 & -1 \end{bmatrix} = \\ &= -\bar{i} \cos \varphi + \bar{j} \sin \varphi + \bar{k} \operatorname{tg} \theta_{\Pi} \cos \varphi; \\ \bar{N} &= \bar{i} N_x + \bar{j} N_y + \bar{k} N_z. \end{aligned}$$

Розглянемо випадок заточування свердла по двох площинах, при яких лінія OC перетину задніх площин R та F одного

зуба проходить паралельно до різальної кромки свердла і через її вісь. Тоді вектор \vec{C} , що проходить по лінії OC , буде:

$$\vec{C} = \vec{i} \sin \varphi + \vec{j} \cos \varphi.$$

- Вектор \vec{E} , що проходить по лінії CB , буде:

$$\vec{E} = -\operatorname{tg} \theta_{\Pi}^F \vec{k}.$$

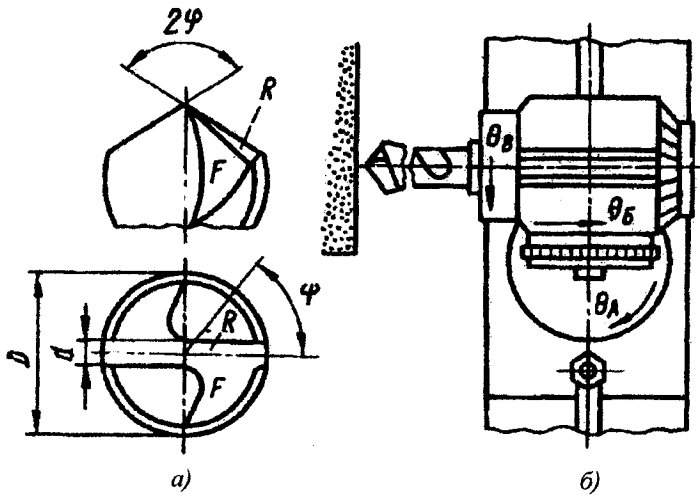


Рис. 7.17. Початкове положення свердла при заточуванні по площинах

Нормаль \vec{N}_2 до задньої площини F буде:

$$\vec{N}_2 = [\vec{C} \cdot \vec{E}] = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ -\operatorname{tg} \theta_{\Pi} & 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

Розкриваючи визначник, отримаємо:

$$\vec{N}_2 = -\vec{i} \cos \varphi + \vec{j} \sin \varphi + \vec{k} \operatorname{tg} \theta_{\Pi}^F \cos \varphi = \vec{i} N_{2x} + \vec{j} N_{2y} + \vec{k} N_{2z},$$

де

$$N_{2x} = -\cos\varphi;$$

$$N_{2y} = -\sin\varphi;$$

$$N_{2z} = \operatorname{tg}\theta_{\Pi}^F \cos\varphi.$$

Розглянемо випадок заточування свердел по двох площинах, коли в проекції на площину, перпендикулярну до осі, лінія BC перетину площин R та F одного зуба складає кут θ_{Π} з різальною кромкою (рис. 7.18). По лінії CB проведемо вектор $\vec{3}$:

$$\vec{3} = i \operatorname{tg}\varphi' \cos\theta_{\Pi} + \vec{j} - \vec{k} \operatorname{en}\varphi' \sin\theta_{\Pi}.$$

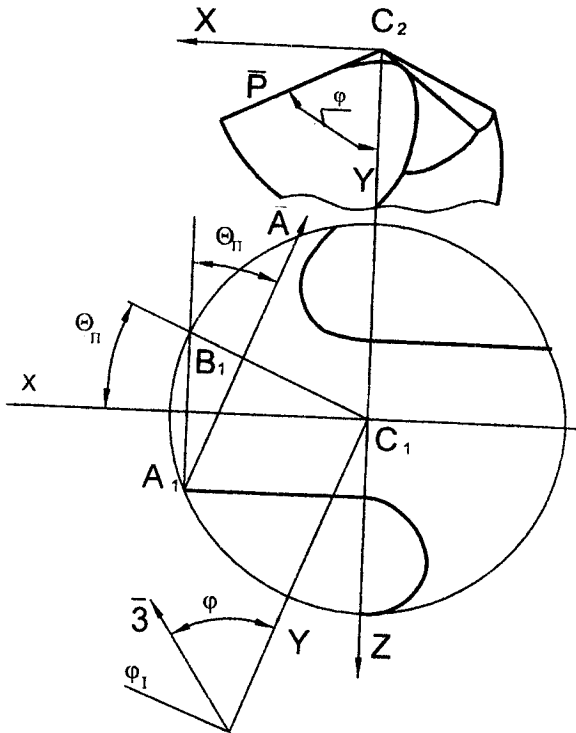


Рис. 7.18. Визначення кутів установки при заточуванні свердла по двох площинах

Три вектори \bar{P} , \bar{A} та \bar{Z} лежать в одній площині R . Отже:

$$\begin{bmatrix} \sin\varphi & \cos\varphi & 0 \\ -\operatorname{tg}\theta_{\Pi} & 0 & -1 \\ B & & B \\ \operatorname{tg}\varphi' \cos\theta_{\Pi} & 1 & -\operatorname{tg}\varphi' \sin\theta_{\Pi} \end{bmatrix} = 0.$$

Розкриваючи визначник, одержимо:

$$\sin\varphi - \cos\varphi (\operatorname{tg}\theta_{\Pi} \operatorname{tg}\varphi' \sin\theta_{\Pi} + \operatorname{tg}\varphi' \cos\theta_{\Pi}) = 0.$$

Звідси:

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\varphi' \cos\theta_{\Pi}.$$

Нормаль \bar{N} до площини \bar{F} буде:

$$\bar{N} = [\bar{Z} \cdot \bar{E}] = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ -\operatorname{tg}\theta_{\Pi}^F & 0 & -1 \\ B & & B \\ \operatorname{tg}' \cos\theta_{\Pi} & 1 & -\operatorname{tg}\varphi' \sin\theta_{\Pi} \end{bmatrix}.$$

Розкриваючи визначник, одержимо:

$$\bar{N} = \bar{i} - \bar{j} (\operatorname{tg}\theta_{\Pi}^F \operatorname{tg}\varphi' \sin\theta_{\Pi} + \operatorname{tg}\varphi' \cos\theta_{\Pi} - \bar{k} \operatorname{tg}\theta_{\Pi}^F).$$

Формули перетворення координат будуть:

$$\begin{aligned} X_3 &= \cos\theta_A (X \cos\theta_B + Z \sin\theta_B) + \sin\theta_A \times \\ &\times [Y \cos\theta_B + \sin\theta_B (Z \cos\theta_B - X \sin\theta_B)]; \\ Y_3 &= \cos\theta_A [(Y \cos\theta_B + \sin\theta_B) + (Z \cos\theta_B - X \sin\theta_B)] - \\ &- \sin\theta_A (X \cos\theta_B + Z \sin\theta_B); \\ Z_3 &= \cos\theta_B (Z \cos\theta_B - X \sin\theta_B) - Y \sin\theta_B. \end{aligned}$$

При заточуванні нормаль до площини, що заточується, повинна бути перпендикулярною до площини торця круга, тобто паралельною до осі Y_3 . В цьому випадку проекції нормалі на осі Z_3 та X_3 дорівнюють нулю.

Отже:

$$\begin{aligned} \cos\theta_B (N_Z \cos\theta_B - N_x \sin\theta_B - N_Y \sin\theta_B) &= 0; \\ \cos\theta_A (N_x \cos\theta_B + N_Z \sin\theta_B) + \sin\theta_A \times \\ \times [N_Y \cos\theta_B + \sin\theta_B (N_Z \cos\theta_B - N_x \sin\theta_B)] &= 0. \end{aligned}$$

Ця система двох рівнянь з трьома невідомими величинами θ_B , θ_B та θ_A невизначена.

Може бути багато вірних установок головки при заточуванні кожної задньої площини свердла. Розглянемо заточування площини R . При $\theta_B = 0$ буде мати:

$$\begin{aligned} N_Z \cos\theta_B - N_Y \sin\theta_B &= 0; \\ N_x \cos\theta_A + \sin\theta_A (N_Y \cos\theta_B + N_Z \sin\theta_B) &= 0. \end{aligned}$$

Звідси при заточуванні площини R будемо мати:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\theta_B &= \frac{N_Z}{N_Y} = \frac{\operatorname{tg}\theta_{\Pi} \cos\varphi}{\sin\varphi} = \operatorname{tg}\theta_{\Pi} \operatorname{ctg}\theta_{\Pi} \operatorname{ctg}\varphi; \\ \operatorname{tg}\theta_A &= \frac{-N_x}{N_Y \cos\theta_3 + N_Z \sin\theta_3} = \frac{\cos\varphi}{\sin\varphi \cos\theta_3 + \sin\theta_3 \operatorname{tg}\theta_{\Pi} \cos\varphi}. \end{aligned}$$

Після перетворень одержимо:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\theta_{\Pi} &= \operatorname{tg}\theta_B \operatorname{tg}\varphi; \\ \operatorname{tg}\theta_A &= \operatorname{ctg}\cos\theta_B. \end{aligned}$$

При заточуванні задньої площини F , коли лінія перерізу площин R та F проходить паралельно до різальної кромки, будемо мати:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\theta_B &= \frac{N_Z}{N_Y} = \frac{\operatorname{tg}\theta_{\Pi} F \cos\varphi}{\sin\varphi} = \operatorname{ctg}\varphi \operatorname{tg}\theta_{\Pi}^F = \operatorname{ctg}\varphi (2 \operatorname{ctg}\psi - \operatorname{tg}\theta_{\Pi}); \\ \operatorname{tg}\theta_A &= \frac{-N_x}{N_Y \cos\theta_3 + N_Z \sin\theta_3} = \frac{\cos\varphi}{\sin\varphi \cos\theta_3 + \operatorname{tg}\theta_{\Pi}^F \cos\varphi \sin\theta_3}, \end{aligned}$$

але

$$\operatorname{tg}\theta_{\Pi}^F = \operatorname{tg}\theta_B \operatorname{tg}\varphi.$$

Звідси:

$$\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\cos \varphi}{\sin \varphi \cos \theta_3 + \operatorname{tg} \varphi \cos \varphi \sin \theta_3}$$

Після перетворень одержимо:

$$\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{ctg} \varphi \cos \theta_3.$$

При заточуванні площини F , коли в проекції на площину, перпендикулярну до осі свердла, лінія перерізу площин R та F одного зуба складає кут θ_{Π} з проекцією різальної кромки, будемо мати:

$$\begin{aligned} \theta_b &= 0; \\ \operatorname{tg} \theta_b &= \frac{N_z}{N_y} = \frac{\operatorname{tg} \theta_{\Pi}^F}{\operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi} (\operatorname{tg} \theta_{\Pi}^F \sin \theta_{\Pi} + \cos \theta_{\Pi})} = \\ &= \frac{\operatorname{tg} \theta_{\Pi}^F}{\operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi} \cdot \frac{\cos(\theta_{\Pi}^F - \theta_{\Pi})}{\cos \theta_{\Pi}^F}} \end{aligned}$$

або

$$\operatorname{tg} \theta_b = \frac{\sin \theta_{\Pi}^F}{\operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi} \cos(\theta_{\Pi}^F - \theta_{\Pi})},$$

де

$$\operatorname{tg}(\theta_{\Pi}^F - \theta_{\Pi}) = \frac{2}{\operatorname{tg}(\psi + \theta_{\Pi})};$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta_A &= \frac{-N_x}{N_y \cos \theta_3 + N_z \sin \theta_3} = \\ &= \frac{1}{\cos \theta_3 \operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi} (\operatorname{tg} \theta_{\Pi}^F \sin \theta_{\Pi} + \cos \theta_{\Pi}) + \theta_{\Pi}^F \sin \theta_3}. \end{aligned}$$

Звідси:

$$\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\cos \theta_{\Pi}^F}{\cos \theta_3 \operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi} \cos(\theta_{\Pi}^F - \theta_{\Pi}) + \sin \theta_{\Pi}^F \sin \theta_3},$$

але

$$\cos(\theta_{\Pi}^F - \theta_{\Pi}) = \frac{\sin \theta_{\Pi}^F}{\operatorname{tg} \theta_3 \operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi}}.$$

Отже:

$$\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\cos \theta_{\Pi}^F}{\sin \theta_{\Pi}^F \cdot \frac{\cos^2 \theta_3}{\sin \theta_3} + \sin \theta_{\Pi}^F \sin \theta_3} = \operatorname{ctg} \theta_{\Pi}^F \sin \theta_3.$$

Аналогічно визначаються кути установки θ_A , θ_B , θ_B універсально-заточувальної головки при заточуванні свердел по двох площинах при $\theta_B = 0$, $\theta_A = 0$. Окремі формули для розрахунку кутів установки універсально-заточувальної головки при заточуванні кожного зуба свердла по двох площинах наведені в табл. 7.7, 7.8.

Відлік кутів установки θ_A , θ_B , θ_B проводиться від прийнятого початкового положення, зображеного на рис. 7.17, б.

Аналіз показує, що універсально-заточувальна головка дозволяє спростити наладку і забезпечує в ряді випадків необхідну геометрію різальної частини свердла при переході від заточування однієї площини зуба до іншої тільки при одному установочному повороті головки.

Для цього варіанта формули для розрахунку кутів установки універсально-заточувальної головки при заточуванні кожного зуба свердла по двох площинах наведені в табл. 7.9.

Кути θ_{Π}^F та φ_2 розраховуються за формулами:

$$\operatorname{tg} \theta_{\Pi}^F = 2 \operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{tg} \theta_{\Pi};$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi} \sin(\theta_{\Pi} + \varphi)}{\sin \varphi - \sin \theta_{\Pi} \cos(\theta_{\Pi} + \varphi)}.$$

Таблиця 7.7

Формули для розрахунку окремих положень свердла при двоплощинному заточуванні, коли лінія перетину задніх площин одного зуба проходить паралельно до різальної кромки

Можливі варіанти установок	Заточування першої площини	Заточування другої (задньої) площини
I	$\theta_B = 0$ $tg\theta_B = tg\theta_{II} ctg\varphi$ $tg\theta_A = ctg\varphi \cos\theta_B$	$\theta_B = 0$ $tg\theta_B = ctg\varphi(2ctg\varphi - tg\theta_{II})$ $tg\theta_A = ctg\varphi \cos\theta_B$
II	$\theta_B = 0$ $\theta_B = -\theta_{II}$ $tg\theta_A = \frac{ctg\varphi}{\cos\theta_{II}}$	$\theta_B = 0$ $tg\theta_B = tg\theta_{II} - 2ctg\psi$ $tg\theta_A = \frac{ctg\varphi}{\cos\theta_B}$
III	$\theta_A = 0$ $tg\theta_B = ctg\theta_{II}$ $tg\theta_B = \frac{tg\theta_{II} ctg\varphi}{\cos\theta_B}$	$\theta_A = 0$ $ctg\theta_B = 2ctg\psi - tg\theta_{II}$ $tg\theta_B = \frac{ctg\varphi(2ctg\varphi - tg\theta_{II})}{\cos\theta_B}$

Примітка: У формулах, наведених в таблиці:

$$tg\theta_{II} = \frac{tg\alpha tg\varphi - \sin\mu}{\cos\mu}; \quad \sin\mu = \frac{d}{D}$$

Таблиця 7.8

Формули для розрахунку окремих положень свердла при двоплощинному заточуванні, коли в проекції на площину, перпендикулярну до осі, лінія перетину задніх площин одного зуба складає кут θ_{II} з проекцією різальної кромки

Можливі варіанти установок	Заточування першої площини	Заточування другої (задньої) площини
1	2	3
I	$\theta_B = 0$ $tg\theta_B = tg\theta_{II} ctg\varphi$ $tg\theta_A = ctg\varphi \cos\theta_B$	$\theta_B = 0$ $tg\theta_B = \frac{\sin\theta_{II}^F}{tg\varphi \cos\theta_{II} \cos(\theta_{II}^F - \theta_{II})}$

Закінчення табл. 7.8

1	2	3
II	$\theta_B = 0$ $\theta_B = -\theta_{\Pi}$ $\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin \theta_B \operatorname{tg} \varphi}$	$\theta_B = 0$ $\theta_B = -\theta_{\Pi}$ $\operatorname{tg} \theta_A = \frac{\sin \psi - \sin \theta_{\Pi} \cos(\theta_{\Pi} + \psi)}{\operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi} \sin(\theta_{\Pi} + \psi) \cos \theta_B}$
III	$\theta_A = 0$ $\theta_B = 90 - \theta_{\Pi}$ $\operatorname{tg} \theta_B = \frac{\operatorname{tg} \theta_{\Pi}^F}{\operatorname{tg} \varphi \cos \theta_B}$	$\theta_A = 0$ $\theta_B = 90 - \theta_{\Pi}$ $\operatorname{tg} \theta_B = \frac{\sin \psi - \sin \theta_{\Pi} \cos(\theta_{\Pi} + \psi)}{\operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi} \sin(\theta_{\Pi} + \psi) \sin \theta_B}$

Примітка: Кут θ_{Π}^F визначається залежністю:

$$\operatorname{tg}(\theta_{\Pi}^F - \theta_{\Pi}) = \frac{2}{\operatorname{tg}(\varphi + \theta_{\Pi})}$$

Таблиця 7.9

Формули для розрахунку окремого положення свердла, коли при переході від заточування однієї площини зуба до іншої здійснюється тільки один поворот головки

Заточування першої площини	Заточування другої (задньої) площини
I. Лінія перерізу двох площин одного зуба паралельна до різальної кромки	
$\theta_B = 90^\circ$ $\theta_B = 90^\circ - \varphi$ $\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{tg} \theta_{\Pi} \cos \varphi$	$\theta_B = 90^\circ$ $\theta_B = 90^\circ - \varphi$ $\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{tg} \theta_{\Pi}^F \cos \varphi$
II. В проекції на площину, перпендикулярну до осі свердла лінія перерізу задніх площин одного зуба складає кут θ з різальною кромкою	
$\operatorname{tg} \theta_{B1} = \frac{\operatorname{ctg} \varphi \operatorname{tg} \theta_{\Pi} - \operatorname{tg} \theta_{\Pi} \operatorname{ctg} \varphi_2}{\operatorname{ctg} \varphi \operatorname{ctg} \varphi_2}$ $\operatorname{tg} \theta_{B1} = \operatorname{ctg} \varphi (\sin \theta_{B1} + \operatorname{tg} \theta_{\Pi} \cos \theta_{B1})$ $\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{ctg}(\theta_{B1} + \theta_{\Pi}) \sin \theta_{B1}$	$\theta_B = \theta_{B1}$ $\theta_{B2} = \theta_{B1}$ $\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{ctg}(\theta_{B1} + \theta_{\Pi}^F) \sin \theta_{B1}$

Примітка: Відлік кутів установки θ_A , θ_B , θ_B проводиться від початкового положення, зображеного на рис. 7.17, б.

7.5.3. Заточування свердел по гвинтових поверхнях

Задня поверхня, по якій свердла переточуються, може мати різну форму.

Одинарне (нормальне) заточування свердел може виконуватися по гвинтових конічних, плоских та циліндричних поверхнях. Всі способи заточування забезпечують практично однакову стійкість при рівності кутів α , ψ та 2ϕ . Тому вибір способу заточування залежить головним чином від можливостей виробництва заточувального відділення, від наявності відповідних верстатів та пристосувань.

Основні переваги заточування по гвинтових поверхнях полягають в зручності його автоматизації. Недоліки цього способу пов'язані з меншою жорсткістю технологічної системи, що може призводити до вібрацій та огранки на заточеній поверхні. При заточуванні по гвинтових поверхнях свердло, що заточується, безперервно рівномірно обертається навколо своєї осі та одночасно здійснює, за допомогою відповідного кулачкового механізму, зворотно-поступальний рух вздовж своєї осі (рис. 7.19). В момент формування задньої поверхні швидкість поступального руху постійна. В цьому випадку при заточуванні торцем круга утворюється гвинтова евольвентна поверхня, радіус основного циліндра якої:

$$r_B = p \operatorname{tg} \phi,$$

де p – параметр гвинтового руху;

ϕ – кут між віссю свердла та торцевою площиною круга.

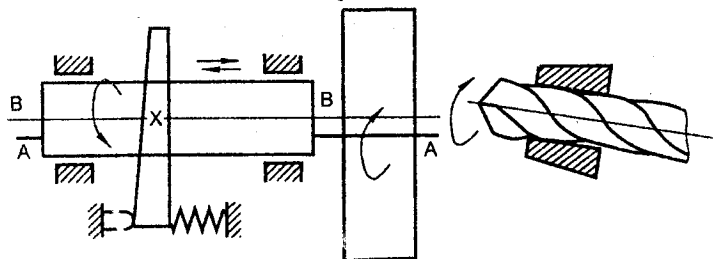


Рис. 7.19. Схема заточування свердла по гвинтовій поверхні

При цьому способі заточування величини задніх кутів при їх вимірюванні в циліндричних перерізах, концентричних до осі свердла, рівні:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{R_x},$$

де R_x – радіус точки різальної кромки, що розглядається.

На рис. 7.2 наведено пристрій до універсально-заточувального верстата, призначений для заточування осьових інструментів по гвинтових поверхнях. До того ж він може використовуватись при заточуванні свердел, коли задня поверхня периферійних ділянок різальної кромки оформляється по гвинтовій поверхні. Інструмент, що заточується, кріпиться в шпинделі 6 та поворотом пристрою навколо вертикальної осі встановлюється під кутом, який відповідає куту в плані. Під час заточування держак 3 плавно повертають. При цьому кулачок 3, ковзаючись по пальцю 2 своєю гвинтовою поверхнею, заставляє шпиндель, разом з обертанням, рухатися вздовж своєї осі. Для заточування чергового зуба фіксатор 7 виводиться з паза тривалого диска і шпиндель з інструментом, що заточується, повертається держакком 3.

7.5.4. Заточування свердел по конічних поверхнях

Заточування свердел по конічних поверхнях проводиться на спеціальних верстатах або на універсально-заточувальних верстатах з використанням спеціальних пристосувань. Схема заточування задніх поверхонь свердел по конічних поверхнях наведена на рис. 7.20.

Свердло відносно конуса заточування розміщують таким чином, щоб забезпечити відтворення необхідних величин геометричних параметрів різальної частини: задніх кутів α на периферії свердла, кута нахилу поперечної кромки ψ і кута при вершині 2φ . Положення свердла відносно конуса заточування характеризується відстанями l та k , а також кутом σ . Кут при

вершині свердла 2φ , з достатньою для практики точністю, визначається за формулою:

$$\varphi = \sigma + \rho,$$

де σ – кут між осями конуса та свердла;

2σ – кут при вершині конічної поверхні.

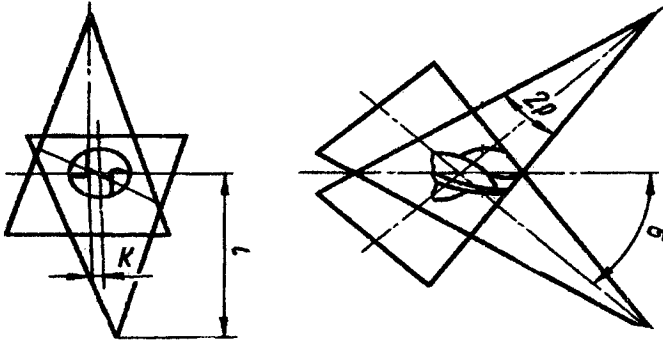


Рис. 7.20. Схема заточування свердел по конічній поверхні

Найчастіше, проектуючи свердлильно-заточувальних верстати та пристосування до універсально-заточувального верстата, кут при вершині 2ρ конуса заточування приймають 26° або 80° .

Координати k та l визначаються з умови утворення при заточуванні вибраних величин геометричних параметрів.

Умова одержання при заточуванні вибраного значення заднього кута α записується у вигляді:

$$k = cl + 0,5D + 0,5d,$$

де D – діаметр свердла;

d – діаметр серцевини.

$$C = \frac{\sin \theta_N}{\sin \varphi \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \rho - \sin^2 \theta_N}}.$$

При відомій величині кута α частина заднього кута θ_N , який вимірюється в нормальному до різальної кромки перерізі, визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \theta_N = \frac{\operatorname{tg} \alpha \sin \varphi - \sin \mu \cos \varphi}{\cos \mu};$$

$$\sin \mu = \frac{d}{D}.$$

Умова одержання при заточуванні вибраного значення кута нахилу поперечної кромки записується у вигляді:

$$k = Bl,$$

де

$$B = \frac{C_2 C_1 \operatorname{ctg} \psi}{\sqrt{1 + C_2 \operatorname{ctg} \psi}};$$

$$C_1 = \frac{\sin 2\rho}{2 \cos(\varphi - \rho) \sin \varphi};$$

$$C_2 = 1 - \left[\frac{\sin(\varphi - \rho)}{\cos \rho} \right]^2.$$

При заточуванні по конічній поверхні торцем круга 1 свердло здійснює коливальні рухи навколо осі 0-0 і подається вздовж своєї осі до шліфувального круга для знімання заданого припуску. Кінцеве формування конічної поверхні проводиться при вимкненні подачі свердла вздовж своєї осі. Після заточування одного зуба свердло повертається на 180° і проводиться заточування іншого зуба.

Задня поверхня, що утворюється в даному випадку, є частиною конічної поверхні, а поперечна різальна кромка утворюється як лінія перетину задніх конічних поверхонь двох зубів. Як правило, в проекції на площину, перпендикулярну до осі свердла, різальна кромка та вісь конуса заточування проходять

паралельно. В спеціальних випадках свердло при установці додатково повертається навколо своєї осі і проводиться заточування інструмента з криволінійними різальними кромками.

На графіку, зображеному на рис. 7.21, показана залежність $\theta_N = f_1(\alpha)$ для свердел, у яких $d = 0,14D$ та $2\varphi = 120^\circ$, на графіку, зображеному на рис. 7.22, а, – залежність $C = f_2(\theta_N)$, а на графіку, показаному на рис. 7.22, б, – залежність $B = f_3(\psi)$ для свердел з кутом при вершині $2\varphi = 120^\circ$ та кутом при вершині конічної поверхні $2\rho = 80^\circ$. За допомогою графіків розрахунок установки свердла при заточуванні по конічній поверхні спрощується.

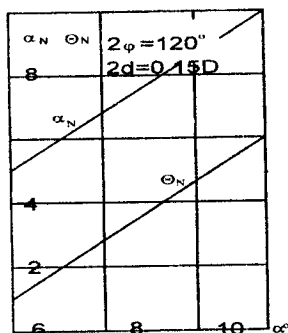
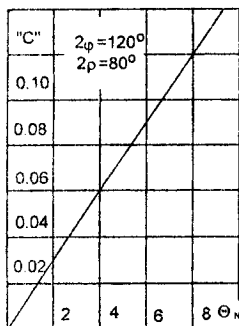
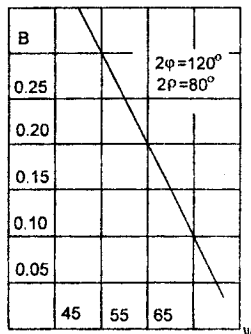


Рис. 7.21. Величини задніх кутів в різних перерізах свердла



а)



б)

Рис. 7.22. Визначення параметрів установки свердла при заточуванні по конічній поверхні

7.5.5. Заточування свердел по циліндричних поверхнях

З точки зору установки свердла і конструкції пристосування, найбільш простими є способи заточування по циліндричних поверхнях. Схема заточування свердла при оформленні задньої поверхні зуба по круглій циліндричній поверхні зображена на рис. 7.23, а. Заточування проводиться периферією циліндричного круга. Вісь свердла, що заточується, розміщується перпендикулярно до осі шліфувального круга. Відстань між віссю круга та віссю свердла L_1 та кут повороту свердла ψ_1 навколо своєї осі визначаються у відповідності з вибраними значеннями заднього кута α та кута при вершині φ на периферії свердла. Розрахунок величин L_1 та φ_1 ведеться за формулами:

$$L_1 = R_k \sin \varepsilon + 0,5 D \cos(\theta + \mu);$$

$$\operatorname{ctg} \varepsilon = \operatorname{tg} \varphi \cos \theta;$$

$$\varphi_1 = 90 - \theta;$$

$$\operatorname{tg} \theta_n = \frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi - \sin \mu}{\cos \mu};$$

$$\sin \mu = \frac{d}{D},$$

де D – діаметр свердла;

d – діаметр серцевини;

$R = 0,5D$;

R_k – радіус шліфувального круга.

Заточування ведеться при зворотньо-поступальних рухах свердла вздовж осі круга. Після заточування одного зуба свердло повертається на 180° навколо своєї осі і виконується заточування другого зуба.

Одноциліндричне заточування використовується для свердел малого діаметра. Його недолік полягає в тому, що воно не може забезпечити одержання на свердлі незалежних величин заднього кута α , кута при вершині 2φ та кута нахилу на поперечній кромці ψ . Тому рекомендується використовувати двоциліндричне заточування свердел. Схоже на двоплощинне

заточування, при двоциліндричному заточуванні задня поверхня кожного зуба свердла оформляється двома круглими циліндричними поверхнями. Перший круглий циліндр прилягає до різальної кромки, інший круглий циліндр оформляє задню частину зуба свердла.

Параметри установки L_1 та ψ_1 свердла відносно шліфувального круга (рис. 7.23, а) при заточуванні першого циліндра визначаються виходячи з вибраних величин заднього кута α та кута при вершині 2φ при їх вимірюванні на периферії свердла.

Порядок розрахунку може бути наступним:

$$\sin \mu = \frac{d}{D};$$

$$\operatorname{tg} \theta_{\Pi} = \frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi - \sin \mu}{\cos \mu};$$

$$\psi_1 = 90 - \theta;$$

$$\operatorname{ctg} \varepsilon = \operatorname{tg} \varphi \cos \theta_{\Pi};$$

$$L_1 = R_k \sin \varepsilon + 0,5D \cos(\theta_{\Pi} + \mu).$$

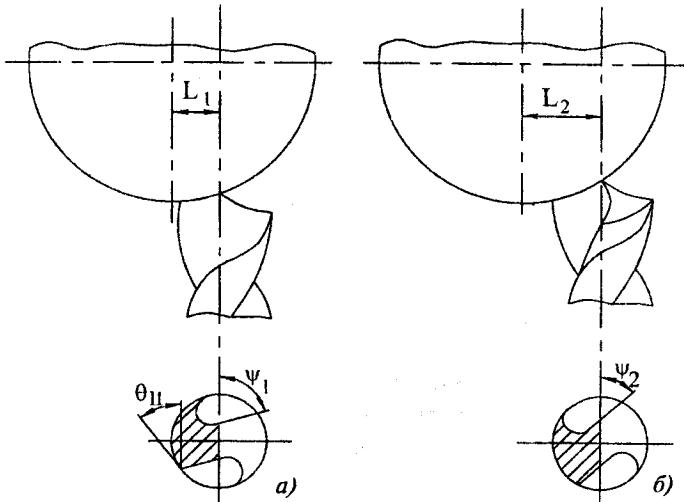


Рис. 7.23. Схема заточування свердла по циліндричній поверхні

При заточуванні задньої частини зуба свердла величина L_2 та ψ_2 (рис. 7.23, б) визначаються виходячи з даного кута ψ похилої поперечної кромки свердла і кута γ між проєкціями на площину, перпендикулярну до осі свердла, різальної кромки та лінії перерізу двох циліндрів одного зуба. Кут ν вимірюється в точці, розташованій на осі свердла. Розрахунок параметрів установки свердла відносно шліфувального круга при заточуванні задньої частини зуба здійснюється в такій послідовності:

$$\begin{aligned} \sin \varepsilon_o &= \frac{L_1}{RR_k}; \\ \operatorname{tg} \rho &= \cos(\gamma - \theta_n) \operatorname{tg} \varepsilon_o; \\ \operatorname{ctg} \varphi_n &= \cos(\gamma - \theta_n) \operatorname{tg} \varepsilon_o; \\ \operatorname{tg} \eta &= \frac{\operatorname{tg} \rho \cos \psi + \operatorname{ctg} \varphi_n \cos \gamma}{\operatorname{tg} \rho \sin \psi - \operatorname{ctg} \varphi_n \sin \gamma}; \\ \psi_2 &= 90^\circ - \eta; \\ \operatorname{tg} \delta &= \frac{\operatorname{tg} \rho}{\cos(\eta - \gamma)}; \\ L_2 &= R_k \sin \delta. \end{aligned}$$

На рис. 7.24 показані графіки залежностей $L_1 = f_1(D_k)$ та $L_2 = f_2(D_k)$, за якими визначаються параметри установки свердла відносно шліфувальних кругів при двоциліндричному заточуванні при $\nu = 5^\circ$. На рис. 7.24 наведені графіки для визначення параметрів установки свердла при його заточуванні з наступними геометричними параметрами різальної частини:

$$\varphi = 45^\circ; \psi = 55^\circ; \alpha = 12^\circ - 15^\circ.$$

З метою зменшення допоміжного часу двоциліндричне заточування свердел доцільно проводити при постійній відстані між осями круга і свердла. Міжосьова відстань в цьому випадку визначається за формулою:

$$L = R_k \sin \varepsilon + 0,5 D_c \cos(\theta_n + \mu),$$

де $\operatorname{ctg} \varepsilon = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \theta_{\Pi}$;

R_k – радіус шліфувального круга;

D – діаметр свердла;

2φ – кут при вершині, що вимірюється на периферії свердла.

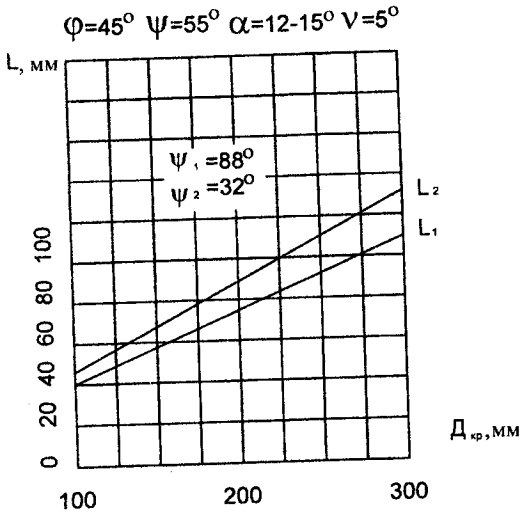


Рис. 7.24. Параметри установки свердла при заточуванні по циліндричних поверхнях

Поворот свердла навколо своєї осі при установці для заточування циліндричної поверхні, що прилягає до різальної кромки, здійснюється на кут θ .

$$\varphi_1 = 90 - \theta,$$

де

$$\operatorname{tg} \theta_{\Pi} = \frac{\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi - \sin \mu}{\cos \mu};$$

$$\sin \mu = \frac{r}{0,5 D};$$

r – радіус серцевини свердла;

α – задній кут на периферії, який вимірюється в циліндричному перерізі, концентричному до осі свердла.

Заточування другої циліндричної поверхні, що оформляє задню частину поверхні зуба, проводиться при тій же між-осьовій відстані L . Поворот свердла навколо його осі при установці здійснюється на кут θ_B , рівний:

$$\theta_B = 180^\circ - 2\psi - 2\theta.$$

При заточуванні свердло встановлюється перпендикулярно до осі круга витримуючи розрахункову величину відстані між віссю круга та віссю свердла. Обертаючи навколо осі свердла встановлюють необхідну величину кута ψ_1 . Свердлу надають зворотно-поступальний рух вздовж осі круга. Подачу на врізання вибирають з умови шліфування. Після повороту свердла на 180° навколо своєї осі заточування другого зуба по першій циліндричній поверхні проводять в тій же послідовності, що і після повороту свердла навколо своєї на кут θ_6 .

7.5.6. Заточування свердел з криволінійними різальними кромками

Заточування свердел з круговою різальною кромкою може проводитись по конічній поверхні. Вісь конічної поверхні розміщуються перпендикулярно до площини I-I симетрії різальної частини (рис. 7.25). Осі свердла та конічної поверхні будуть взаємно перпендикулярними прямими, що схрещуються і відстань між якими позначена через l . При визначенні взаємного розміщення свердла та конічної поверхні заданими будуть наступні величини: кут φ_1 у вибраній точці A різальної кромки, координата якої X_1 , кут φ_2 у вибраній другій точці B з координатою X_2 , частина заднього кута θ_N , який вимірюється в нормальному до різальної кромки перерізі, кут нахилу поперечної кромки ψ .

Параметри установки свердла відносно конуса заточування визначаються в такій послідовності:

1. Приймаємо кут ρ при вершині конічної поверхні рівним частині заднього кута θ_N .
2. Визначаємо відстань l між осями конічної поверхні та свердла:

$$l = \frac{X_1 \cos \varphi_2 - X_2 \cos \varphi_1}{\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2}$$

3. Радіус основи конічної поверхні в перерізі I-I, що проходить через вісь свердла:

$$r_k = \frac{l}{\operatorname{tg} \rho \cdot \operatorname{tg} \psi}$$

4. Відстань Y від вершини конічної поверхні до площини I-I свердла:

$$Y = r_k \operatorname{ctg} \rho$$

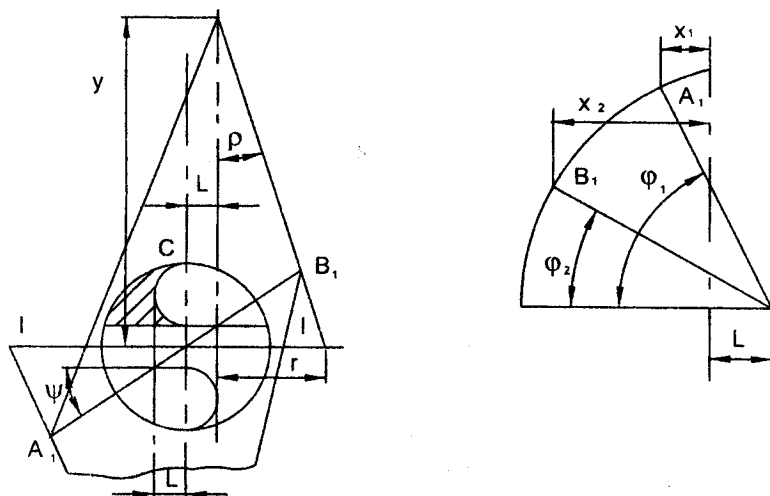


Рис. 7.25. Схема заточування свердла з криволінійною різальною кромкою

Необхідно враховувати, що спосіб заточування свердел круговою різальною кромкою по конічних поверхнях найчастіше не забезпечує безперепонне переміщення задньої частини C зуба свердла при обробці. Тому необхідно додатково знімати частину C зуба свердла, щоб забезпечити нормальну роботу інструмента.

7.5.7. Заточування свердел із зворотним кутом при вершині

Заточування свердел із зворотним кутом при вершині може проводитись конічним кругом (рис. 7.26) на універсально-заточувальному верстаті за допомогою універсально-заточувальної головки. У вихідному положенні периферійні точки різальних кромок двох зубів лежать в горизонтальній площині, яка проходить через вісь свердла. Вісь свердла встановлюється перпендикулярно до торцевої площини шліфувального круга, яка формує плоску задню поверхню. Конічна поверхня круга підточує передню поверхню суміжного зуба. Тому при заточуванні свердло необхідно встановити так, щоб задня площина була паралельною до торцевої площини круга, а різальна кромка – паралельною напрямку поздовжньої подачі стола верстата.

Установка свердла із зворотним кутом при вершині при заточуванні конічним кругом його задньої площини з одночасним підточуванням передньої поверхні суміжного зуба розраховується за наступними залежностями:

$$\operatorname{tg} \theta_B = \operatorname{ctg} \alpha_N \cos \beta;$$

$$\operatorname{tg} \theta_B = -\sin \theta_B \operatorname{tg} \beta;$$

$$\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{tg} \theta_B \sin \theta_3 - \frac{\cos \theta_3}{\operatorname{tg} \beta \cos \theta_B}.$$

У відповідності з розрахованими кутами θ_B , θ_B , θ_A проводиться встановлення відповідних елементів універсально-заточувальної головки.

Кут профілю шліфувального круга дорівнює:

$$90^\circ - \gamma_1 + \alpha_N,$$

де γ_1 – передній кут на підточеній ділянці, який вимірюється в перерізі, перпендикулярному напрямку поздовжньої подачі;

α_N – задній кут в нормальному до різальної кромки перерізі.

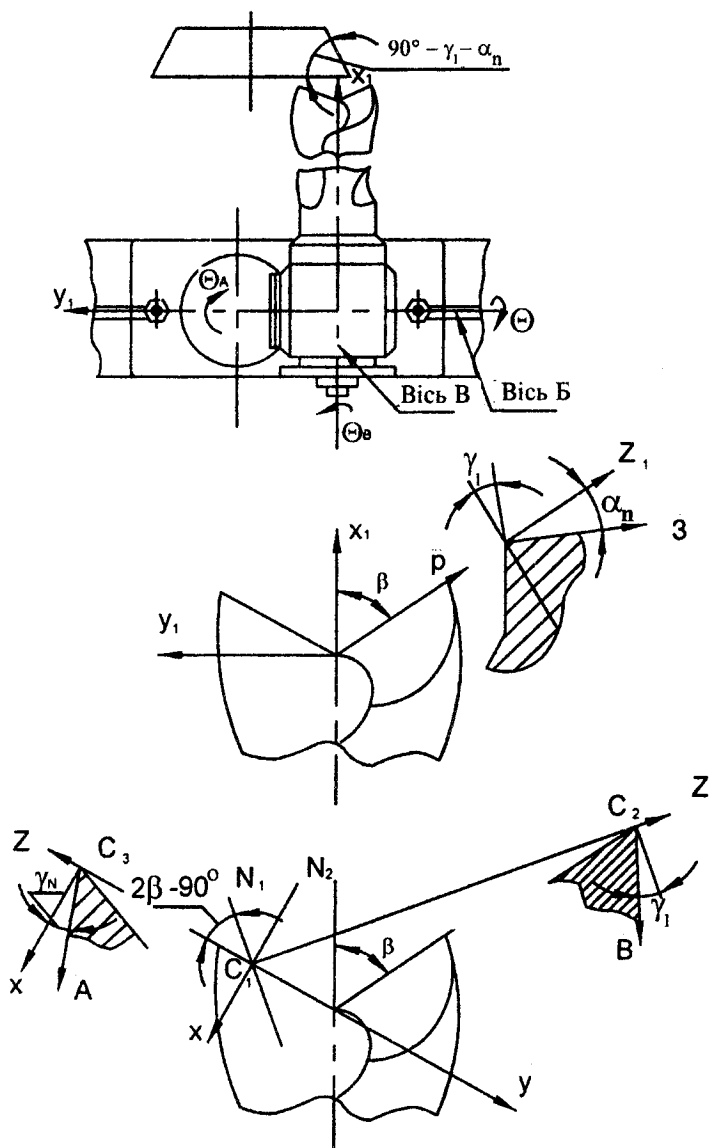


Рис. 7.26. Заточування свердла із зворотним кутом при вершині торцем круга

Між кутом γ_1 та переднім кутом α_N в нормальному до передньої кромки перерізі відома залежність:

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \frac{\operatorname{tg} \gamma_1}{\sin(2\beta - 90^\circ)}.$$

Спростити установку свердла із зворотним кутом при вершині при його заточуванні можна за рахунок використання фасонного шліфувального круга (рис. 7.27). Свердло при заточуванні встановлюється в універсально-заточувальну головку так, щоб периферійні точки різальних кромки двох зубів розташовувались в одній горизонтальній площині, вісь свердла та вісь круга були паралельні. Далі здійснюється поворот навколо вертикальної осі на кут $(90^\circ - \beta)$. В цьому положенні фасонним шліфувальним кругом проводиться заточування першого зуба свердла по задній площині та одночасне підточування передньої поверхні другого зуба.

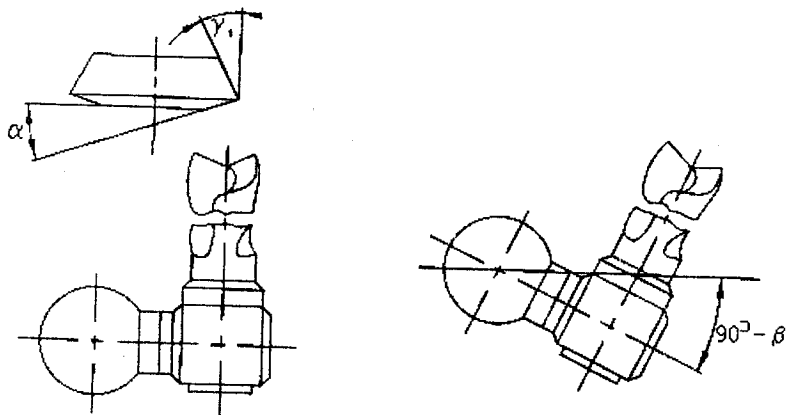


Рис. 7.27. Заточування свердла із зворотним кутом при вершині фасонним кругом

Профіль фасонного шліфувального круга визначається величиною заднього кута α_N , що вимірюється в перерізі, перпендикулярному напрямку зворотно-поступальних переміщень шліфувального круга та величиною переднього кута γ_1 , що вимірюється в тому ж перерізі.

7.5.8. Заточування свердел двома кругами, що встановлюються на одній осі

Прагнення підвищити продуктивність праці при заточуванні свердел призвело до розробки різноманітних способів та обладнання для одночасного заточування двох зубів свердла. Найбільш простим є спосіб одноплосщинного заточування свердел малого діаметра (рис. 7.28). Обробка задніх площин зубів свердла проводиться двома конічними шліфувальними кругами, встановленими із зазором на одній осі. Вісь шліфувальних кругів встановлюється з нахилом до напрямку зворотно-поступальних переміщень свердла.

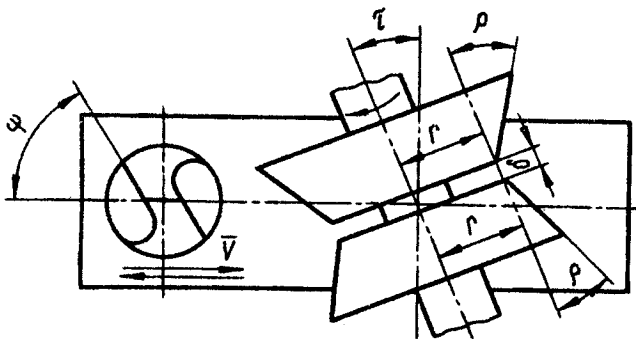


Рис. 7.28. Одноплосщинне заточування свердел двома кругами

Завдяки нахилу осі кругів утворюється перекриття зон обробки в області поперечної кромки. Це забезпечує утворення при заточуванні гострої поперечної кромки. Наявність зазору δ між кругами спрощує їх правку. Свердлу, що заточується, надається зворотно-поступальне переміщення, направлене паралельно до поперечної кромки. Для того щоб забезпечити одержання необхідного кута нахилу поперечної кромки ψ , свердло при установці повертають навколо його осі до положення, при якому поперечна кромка буде паралельною напрямку зворотно-поступальних переміщень. Для того щоб при цьому забезпечити відтворення на свердлі необхідного кута при вершині 2ϕ , кут

при вершині конічного круга 2ρ та кут нахилу осі круга τ вибираються за наступною залежністю:

$$\sin \rho \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \sin^2 \psi} = \cos \tau.$$

За цим співвідношенням, вибираючи, наприклад, кут ρ визначають відповідний до нього кут τ , тобто одноплосинне заточування свердла із задніми геометричними параметрами можна вести при різних комбінаціях кутів ρ та τ .

При одноплосинному заточуванні свердел положення задніх площин може також задаватись кутом при вершині 2φ та заднім кутом α на периферії свердла. В цьому випадку кут нахилу поперечної кромки ψ розраховуються за формулою:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\cos \mu}{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi - \sin \mu},$$

де

$$\sin \mu = \frac{d}{D}.$$

Допустимий зазор δ між кутами, який забезпечує перекриття зон шліфування і дає можливість одержати гостру поперчну кромку повинен бути:

$$\delta \leq D_k \operatorname{tg}^2 \tau \cdot \operatorname{tg} \rho,$$

де D_k – діаметр малого торця конічного шліфувального круга.

Ширина зони обробки одним шліфувальним кругом рівна:

$$e = (R - R_k) \cos \varepsilon \operatorname{tg} \beta_1,$$

де

$$\cos \beta_1 = \frac{\sin \rho}{\cos \tau};$$

$$\sin \varepsilon = \operatorname{tg} \tau \cdot \operatorname{tg} \rho;$$

R_k – радіус малого торця круга;

R – радіус великого торця круга.

Ширина зони обробки повинна бути більшою за радіус свердла.

Одноплосинне заточування використовується тільки для свердел малого діаметра. Необхідні незалежні величини задніх кутів α , кута при вершині 2φ та кута нахилу поперечної кромки ψ можна одержати при двоплосинному заточуванні свердел.

Двоплосинне заточування свердел двома кругами, що встановлені на одній осі, може проводитися різними способами.

Перший спосіб полягає в тому, що спочатку заточуються площини, прилеглі до різальних кромок (рис. 7.29, а), а потім інші (задні) площини двох зубів (рис. 7.29, б). Свердло, встановлене вертикально, здійснює зворотно-поступальні рухи під кутом до осі шліфувального круга. При заточуванні перших площин кут ψ_1 установки свердла рівний:

$$\operatorname{tg} \psi_1 = \frac{\cos \mu}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \mu}.$$

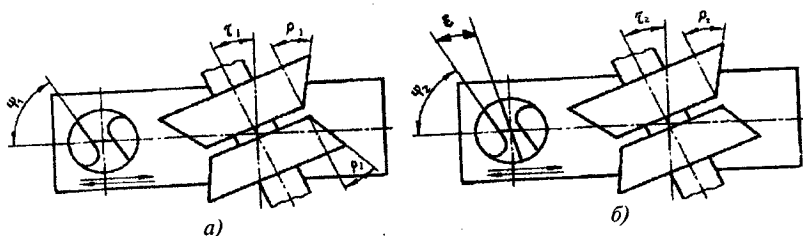


Рис. 7.29. Двоплосинне заточування свердла двома кругами

Рівняння зв'язку геометричних параметрів свердла з кутом при вершині кінцевого круга $2\rho_1$ та кутом τ_1 нахилу осі круга матиме наступний вигляд:

$$\cos \tau_1 = \sin \rho_1 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cdot \sin^2 \psi_1}.$$

За цим співвідношенням, вибираючи кут ρ_1 , визначають τ_1 , або навпаки, вибираючи кут τ_1 , визначають кут ρ_1 .

При заточуванні інших (задніх) площин кут ψ_2 установки свердла буде рівний:

$$\operatorname{tg} \psi_2 = \frac{\sin \psi \sin(\varepsilon + \psi_1) + \sin(\psi - \psi_1) \sin \varepsilon}{\cos \psi \sin(\varepsilon + \psi_1) - \sin(\psi - \psi_1) \cos \varepsilon}$$

Кут при вершині конічного круга $2\rho_2$ та кут нахилу осі круга τ_2 визначаються за наступними залежностями:

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{\sin \psi_1 \sin(\psi - \psi_2)}{\operatorname{ctg} \varphi \sin(\varphi_1 - \psi)};$$

$$\cos \beta_2 = \frac{\sin \rho_2}{\cos \tau_2}.$$

Практичний інтерес має другий випадок заточування, при якому одночасно ведуть заточування першої площини, дотичної до різальної кромки, і задньої (другої) площини суміжного зуба. В цьому випадку, в силу симетричного розміщення площин, що розглядаються, поворот свердла навколо його осей та після першого заточування двох площин проводиться на 180° незалежно від прийнятих величин геометричних параметрів.

Установка свердла відносно шліфувальних кругів (рис. 7.30) характеризується кутом нахилу поперечної кромки ψ , що визначає поворот свердла навколо його осі та кутом φ_n , який визначає нахил осі свердла:

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \mu}{\cos(\psi - \mu) - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \psi},$$

де

$$\sin \mu = \frac{d}{D}.$$

Кут при вершині 2ρ конічних кутів та нахил їх осі (кут τ) для кожної із заточуваних площин визначаються в залежності від кутів β_a та β_g :

$$\cos \beta_A = \frac{\sin \varphi - \operatorname{tg} \varphi_n \frac{\cos \varphi}{\cos \psi}}{\sqrt{\left(\frac{\sin \varphi}{\cos \psi} - \operatorname{tg} \varphi_n \cdot \cos \varphi\right)^2 + \operatorname{tg}^2 \varphi_n \cdot \operatorname{tg}^2 \psi}}$$

Для другої, задньої площини при $\nu = 0$:

$$\cos \beta_B = \frac{\sin \varphi - \operatorname{tg} \varphi_n \frac{\cos \varphi}{\cos \psi}}{\sqrt{\left(\frac{\sin \varphi}{\cos \psi} - \operatorname{tg} \varphi_n \cdot \cos \varphi\right)^2 + \operatorname{tg}^2 \varphi_n \cdot \operatorname{tg}^2 \psi}}$$

Кути β , ρ та τ зв'язані залежністю:

$$\sin \rho = \cos \beta \cos \tau.$$

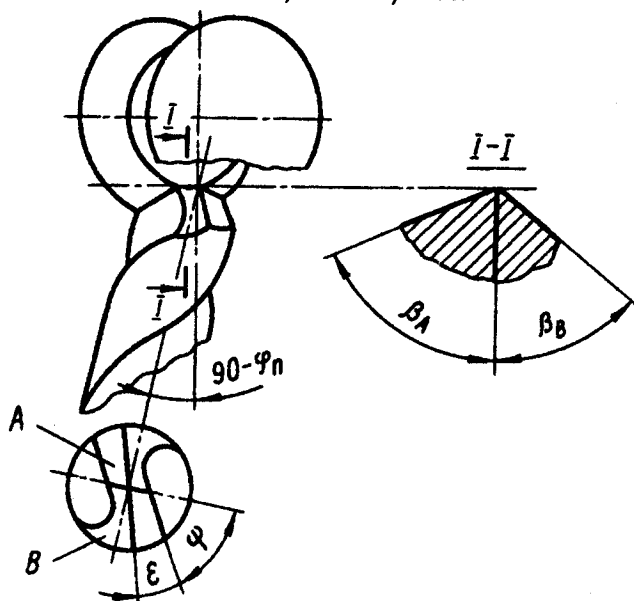


Рис. 7.30. Схема похилої установки свердла при його заточуванні двома кругами

7.6. Заточування розверток

7.6.1. Загальні відомості

Розвертки використовуються для обробки отворів після свердлування, зенкерування та розточування. Вони мають велику кількість зубів, у порівнянні зі свердлом та зенкером, зрізають значно менший припуск, що призводить до зменшення шорсткості обробленої поверхні та підвищення точності обробки.

На якість обробленої поверхні та строк служби розверток суттєво впливає форма різальних кромки та величини геометричних параметрів різальної частини. На рис. 7.31 наведені найбільш розповсюджені форми різальних кромки розверток на забірній частині. Розповсюдженою є прямолінійна різальна кромка, розміщена в осевій площині розвертки і яка складає кут в плані φ з віссю розвертки (рис. 7.31, а).

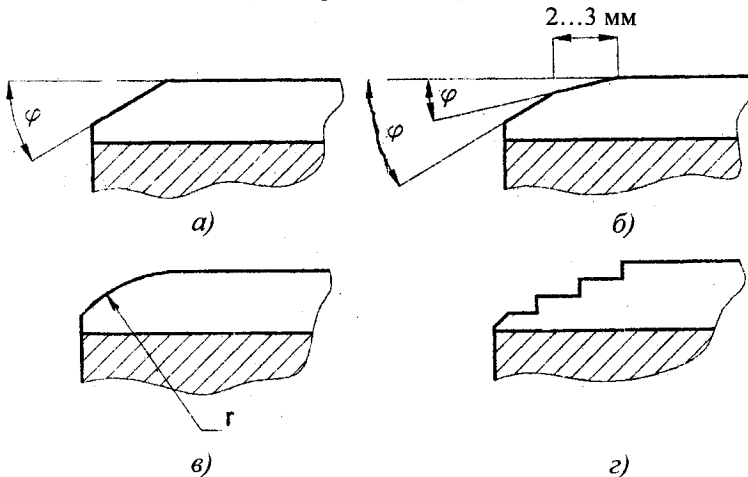


Рис. 7.31. Схеми різальної частини розверток

Для розверток характерним є зношування по задній поверхні. Найбільш інтенсивно зношується місце дотику різальної частини та калібруючої частини. Тому, для того щоб зменшити інтенсивність зношування цієї зони, створюють різальну кромку в формі ламаної лінії (рис. 7.31, б) із зменшеною величиною

кута в плані в місці переходу різальної кромки в калібрувальну. Це зменшує товщину зрізання різальної кромки на ділянці, що розглядається, та інтенсивність зношування.

Різальна кромка може бути криволінійною (рис. 7.31, в). По довжині такої кромки змінюється кут в плані φ , що призводить до доцільної зміни по довжині товщини зрізання. Проте із-за труднощів заточування таких розверток вони використовуються обмежено.

При обробці в'язких матеріалів, нержавіючих та жароміцних сталей, легких сплавів знаходять використання розвертки з кільцевим ступінчастим заточуванням (рис. 7.31, г). Проте утворення різальних кромek такої форми пов'язане із значними технологічними труднощами. Довжина різальної частини l_1 визначаються припуском на обробку, формою різальної кромки, кутом в плані φ .

Доцільно переточування різальної частини здійснювати в два етапи: шліфування по конусу з необхідним кутом в плані φ до усунення зношених ділянок на всіх зубцях, а потім – заточування зубців. Необхідно при цьому слідкувати за тим, щоб перехід від різальної частини до калібрувальної частини здійснював плавно, без гострих кутів.

7.6.2. Заточування розверток по передній поверхні

Заточування розверток по передній поверхні не переслідує мети знімання зношення на різальній частині, а є необхідним для одержання необхідної шорсткості передньої поверхні та радіуса заокруглення різальної кромки. Заточування розверток по передній площині проводиться в центрах універсально-заточувального верстата. При заточуванні розверток з переднім кутом $\gamma = 0$ робоча площина чашкового або тарілчастого шліфувального круга розміщується в площині, що проходить через вісь розвертки. Вісь шпindelної головки універсально-заточувального верстата повинна бути повернена на $0^\circ 30'$, для того щоб при заточуванні шліфувальний круг мав меншу поверхню дотику із площиною, що заточується. Зубці розвертки, що заточуються, фіксуються упором. Важливо, щоб на упорі лежав

заточуваний зуб, що гарантує від помилок, пов'язаних з похибками в кроці зубців. Інколи для прямозубих розверток замість упора використовують ділильну головку, що дає більш надійні результати.

Заточування передньої поверхні необхідно проводити перед шліфуванням по діаметру, щоб уникнути впливу задирок, що виникають при заточуванні, на точність вимірювання діаметра.

7.6.3. Заточування задньої поверхні розверток

Заточування задніх площин зубців розверток проводиться при її установці в центрах на столі універсально-заточувального верстата торцевою площиною шліфувального круга. В початковому положенні різальна кромка AB (рис. 7.32) зуба, що заточується, займає горизонтальне положення, паралельне до площини P_1 . Горизонтальна проекція A_1B_1 різальної кромки проходить під кутом φ до проекції осі розвертки на площину P_1 . За площину P_2 прийнята площина, перпендикулярна до осі розвертки. Тому проекція A_2B_2 різальної кромки проходить паралельно до осі проекції P_1P_2 .

Врахуємо, що задній кут α різальної частини задається в перерізі, перпендикулярному до осі розвертки і проектується у натуральну величину на площину P_2 . Тому лінія AC буде другою лінією, яка визначає положення задньої площини Σ , що заточується. З лінією A_2C_2 , яка лежить в задній площині Σ , співпадає слід Σ_2 площини, яка заточується. Слід Σ_1 площини, що заточується, на площину P_1 проходить паралельно до прямої A_1B_1 .

Знаючи положення слідів Σ_1 та Σ_2 заточувальної площини, знайдемо нормаль AE до площини Σ , враховуючи, що проекції A_1E_1 та A_2E_2 нормалі проходять перпендикулярно до відповідних слідів Σ_1 та Σ_2 площини, що заточується. Врахуємо, що заточування розвертки проводиться торцем шліфувального круга, вісь якого в початковому положенні буде перпендикулярною до осі розвертки.

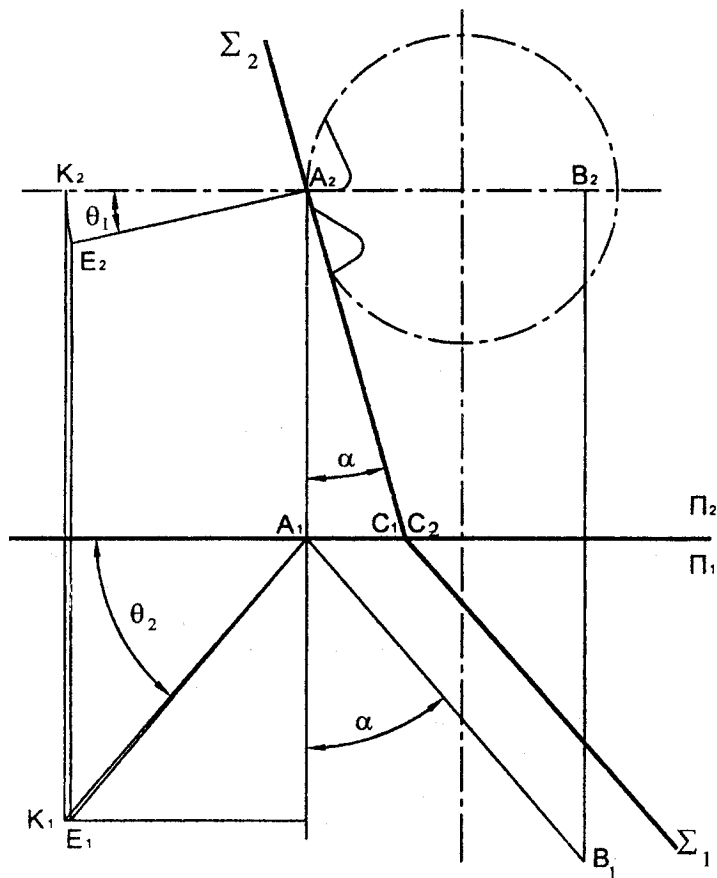


Рис. 7.32. Схема заточування задніх площин зубців розверток

При установці розверток для заточування площини Σ нормаль до неї необхідно привести в положення, перпендикулярне до торцевої площини шліфувального круга, тобто вона повинна бути паралельною до осі круга.

Перший поворот розвертки здійсимо навколо її осі в центрах на кут $\theta_1 = \alpha$. В результаті цього повороту нормаль до заточуваної площини Σ займе положення AK , паралельне до

площини Π_1 . Другий поворот стола верстата здійснимо навколо осі, перпендикулярної до площини Π_1 , на кут θ_2 . Під час цього повороту встановимо нормаль в положення AM паралельне до осі шліфувального круга. Кут θ_2 у натуральну величину проєктується на площину Π_1 . В цьому положенні нормалі площина, що заточується, буде паралельною до площини торця шліфувального круга. Розглядаючи наведене графічне рішення, можна одержати наступні формули для розрахунку кутів установки θ_1 та θ_2 :

$$\theta_1 = \alpha;$$

$$\operatorname{tg} \theta_2 = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha.$$

Заточування задніх поверхонь зубів розверток може проводитися периферією дискового круга (рис. 7.33). Як і при обробці торцем круга, розвертка встановлюється в центрах на столі універсально-заточувального верстата. В початковому положенні різальна кромка AB зуба, що заточується, займає горизонтальне положення. Далі стіл верстата повертається на кут φ і різальна кромка AB встановлюється паралельно до напрямку поздовжнього переміщення стола верстата. Для того щоб робоча поверхня круга стикалась із задньою площиною, вісь круга встановлюється нижче різальної кромки на величину h . Величина h вираховується за формулою:

$$H = R_k \sin \alpha_N,$$

де R_k – радіус круга;

α_N – задній кут в нормальному до різальної кромки перерізі.

На кресленнях розверток найбільш часто заданий кут α задається в перерізі, перпендикулярному до осі розвертки.

Кути α та α_N зв'язані залежністю:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi.$$

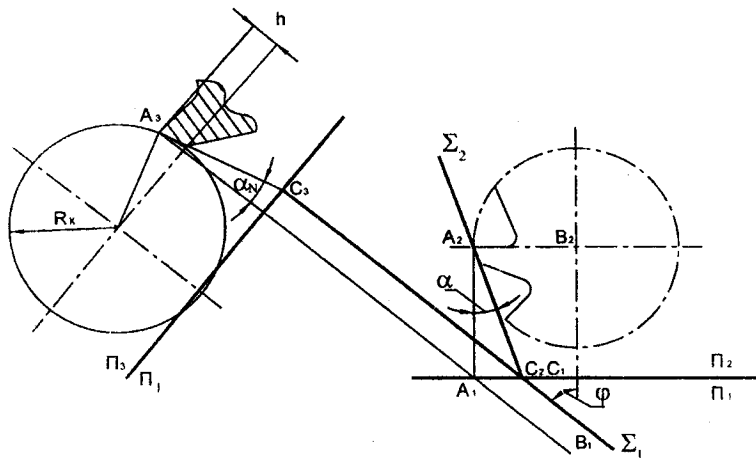


Рис. 7.33. Схема заточування розверток периферією дискового круга

При заточуванні задньої поверхні положення зуба, що заточується, фіксується підпорою, яка опирається на його передню поверхню.

7.7. Заточування мітчиків

7.7.1. Загальні відомості

Мітчики використовуються для обробки різьби в отворах. Мітчик складається з робочої та хвостової частин. Робоча частина, в свою чергу, ділиться на різальну (забірну) та калібрувальну частини. Різальна (забірна) частина зрізає матеріал заготовка, а калібрувальна частина служить для зачищення різьби. Робоча частина мітчика має вигляд гвинта, спряженого з нарізною різьбою, який перетворено в різальний інструмент шляхом прорізу канавок для стружки та затилування зубів на різальній частині. Мітчики в основному виготовляються з прямими канавками з плоскою передньою поверхнею. Положення передньої площини задається переднім кутом γ , який вимірюється в перерізі, перпендикулярному до осі мітчика.

Задній кут α на мітчику утворюється шляхом затилування по зовнішньому діаметру різальної частини, тобто затилується вершина α і, зазвичай, прямолінійна різальна кромка, яка з віссю мітчика утворює кут φ . Затилування бокових сторін профілю, найчастіше не проводиться, внаслідок чого задні кути на допоміжних різальних кромках дорівнюють нулю.

Задня поверхня мітчика може мати різну форму. Вона може бути утворена при затилуванні по архімедовій спіралі, затилуванням по колу, може бути сукупністю двох площин на кожному зубі мітчика (рис. 7.34).

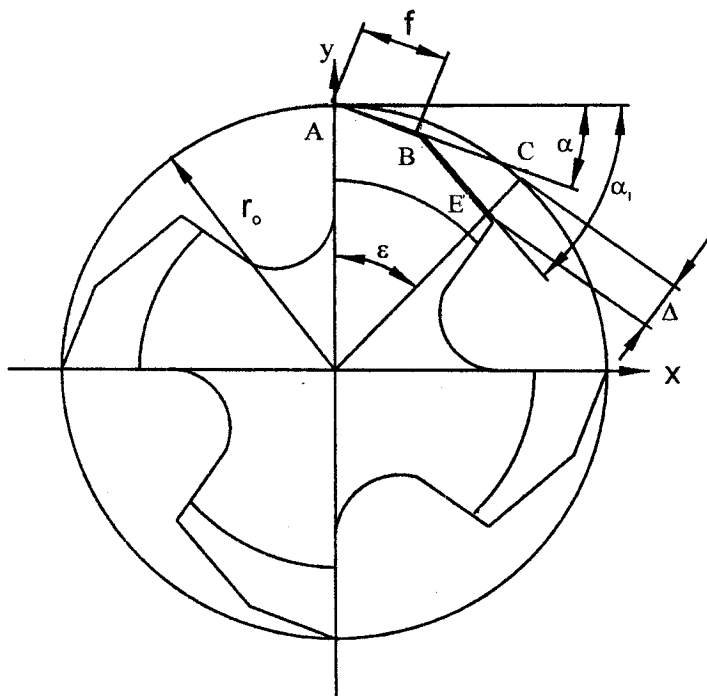


Рис. 7.34. Схема різальної частини мітчика

При оформленні задньої поверхні по площинах кути α та α_1 вибираються таким чином, щоб забезпечити необхідний зазор

між задньою поверхнею та поверхнею різання. Відстань $f = AB$ на першій площині вибирається рівною:

$$f = r_o \cdot \sin \alpha.$$

В кінцевому випадку максимальне значення розміру f дорівнює:

$$f = 2r_o \cdot \sin \alpha.$$

Через точку B проводиться пряма BE так, щоб розмір CE дорівнював:

$$\begin{aligned} X_B &= f \cdot \cos \alpha = r_o \sin \alpha \cdot \cos \alpha ; \\ Y_B &= r_o - f \sin \alpha = r_o (1 - \sin^2 \alpha). \end{aligned}$$

Координати точки C рівні:

$$\begin{aligned} X_C &= r_o \cdot \sin \varepsilon, \\ Y_C &= r_o \cos \varepsilon, \end{aligned}$$

а координати точки E :

$$\begin{aligned} X_E &= x_c - \Delta \cdot \sin \varepsilon = r_o \sin \varepsilon - \Delta \cdot \sin \varepsilon = \sin \varepsilon (r_o - \Delta); \\ Y_E &= y_c + \Delta \cdot \cos \varepsilon = r_o \cos \varepsilon + \Delta \cdot \cos \varepsilon = \cos \varepsilon (r_o + \Delta). \end{aligned}$$

Кут α_1 визначається за співвідношенням:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{Y_B - Y_E}{X_E - X_B} = \frac{r_o (1 - \sin^2 \alpha) - \cos \varepsilon (r_o + \Delta)}{\sin \varepsilon (r_o - \Delta) - r_o \sin \alpha \cdot \cos \alpha}.$$

При звичайно використовуваних методах утворення задніх поверхонь із заднім кутом $\alpha = 5-6^\circ$ при обробці тугих різьб не гарантується стабільна робота мітчика. Це пояснюється тим, що в кінці нарізання перед зубцями мітчика залишаються невідділені від основного металу корені стружки (7.35, а). При вивертанні мітчика корінці стружки попадають під задню поверхню (рис. 7.35, б), що призводить до затискання та викришування зубців.

З метою усунення цього недоліку використовують спеціальні форми задньої поверхні. Так, наприклад, затилування по архімедовій спіралі із заданим кутом α проводиться на незначній ділянці f , яка дотична до різальної кромки, а решта частина профілю зуба утворюється у формі дуги кола (рис. 7.35, в). Величина Δ приймається рівною $\Delta = 0,06-0,1$ мм для кроку різі, що дорівнює 0,75–3 мм. Таке оформлення задньої поверхні забезпечує, при викручуванні мітчика з глухого отвору, відрив або зрізання кромкою спинки зуб недорізаних корінців стружки, що запобігає попаданню корінців стружки під задню поверхню та викришуванню різальних кромки. При цьому суттєво збільшується строк служби мітчика.

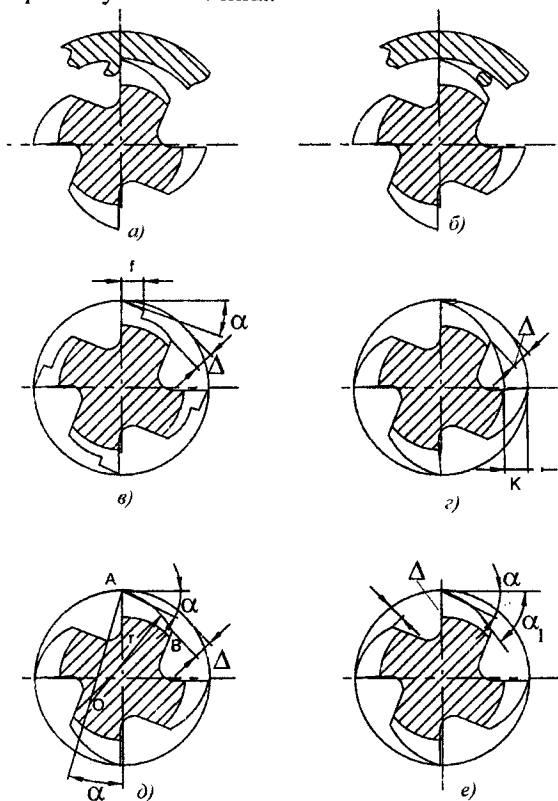


Рис. 7.35. Схеми задніх поверхонь мітчиків

Аналогічний ефект може бути одержаний при затилуванні по архімедовій спіралі з такою величиною затилування K , при якій розмір Δ лежить в необхідних межах (рис. 7.35, *з*). Проте в цьому випадку неможливо забезпечити доцільні величини задніх кутів α .

Необхідну величину Δ можна забезпечити при оформленні профілю задньої поверхні по колу (рис. 7.35, *д*) або за площинами (рис. 7.35, *е*). Величина радіуса r та положення центра O вибирають так, щоб створити необхідний задній кут α та необхідний зазор Δ , в кінці задньої кривої. Щоб одержати необхідний задній кут α , центр O розміщують на прямій AO , положення якої визначається кутом α . Щоб забезпечити одержання необхідного зазору Δ , центр O розташовують на прямій, перпендикулярній відрізку AB , що проходить через середину відрізка AB . Перетин прямої, яка розглядається, та прямої OA визначають положення центра O і величину радіуса r .

Заточування мітчиків під час експлуатації проводиться по передніх, або по передніх та задніх поверхнях.

7.7.2. Заточування передньої поверхні

Заточування передньої поверхні проводиться на універсально-заточувальних верстатах при закріпленні мітчика в центрах. Профіль канавки для стружки виконується таким, щоб забезпечувати плавний перехід від передньої площини до заокругленої частини канавки. Заточування проводиться торцем шліфувального круга (рис. 7.36). Для одержання заданої величини переднього кута γ торець шліфувального круга зміщується з осі мітчика на величину h :

$$h = r_o \cdot \sin \gamma,$$

де h – величина зміщення, мм;

r_o – радіус мітчика, мм;

γ – заданий передній кут.

Заточування передніх поверхонь зубів проводять по упору або за допомогою відповідного ділильного механізму. Язичок

пружинного упору дотикається до спинки зуба, що заточується. Заточування проводиться при поздовжньому переміщенні стола. Величина шару, що знімається за один подвійний хід стола, приймається рівною 0,02–0,04 мм.

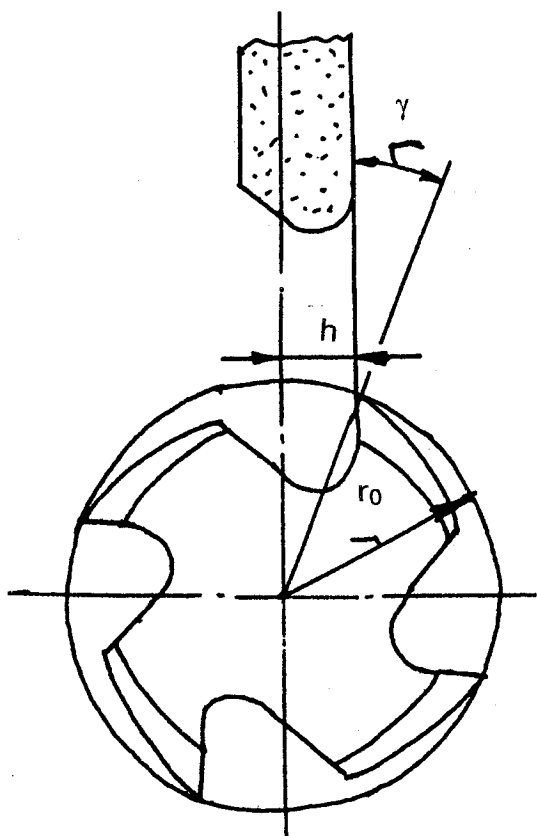


Рис. 7.36. Заточування передньої поверхні мітчика

При заточуванні по передній поверхні необхідно слідкувати за тим, щоб ширина у всіх зубів мітчиків зберігалась однаковою. В іншому випадку буде мати місце биття різальних кромek, що викликає їх нерівномірне завантаження та інтенсивне зношування.

7.7.3. Заточування задньої поверхні на різальній частині

Заточування задньої поверхні на різальній частині мітчика виконується на спеціальних верстатах шляхом їх затилювання по архімедовій спіралі. Використовуються дві схеми затилювання мітчиків з прямими канавками. При радіальному затилюванні мітчик обертається навколо своєї осі з постійною кутовою швидкістю. Шліфувальний круг під час обробки задньої поверхні рівномірно в радіальному напрямку наближається до осі мітчика. При вході в канавку для стружки круг швидко відходить від осі мітчика. При осьовому затилюванні шліфувальний круг, що обертається, здійснює зворотно-поступальний рух затилювання вздовж осі мітчика. Затилювання може проводитися як кругом прямого профілю, так і кругом, профіль якого заправляється під кутом φ .

На універсально-заточувальних верстатах можна заточувати задню поверхню по поверхнях обертання за допомогою спеціальних пристосувань. При затилюванні мітчик коливається навколо осі II-II (рис. 7.37), зміщеної відносно осі I-I мітчика.

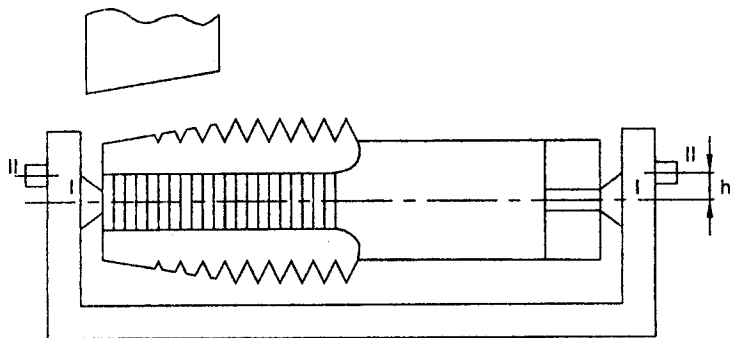


Рис. 7.37. Шліфування задньої поверхні обертання у мітчика

Величину зміщення h (рис. 7.38) приймають рівною:

$$h = r \cdot \sin \alpha,$$

де r – радіус обертання точки різальної кромки навколо осі пристосування.

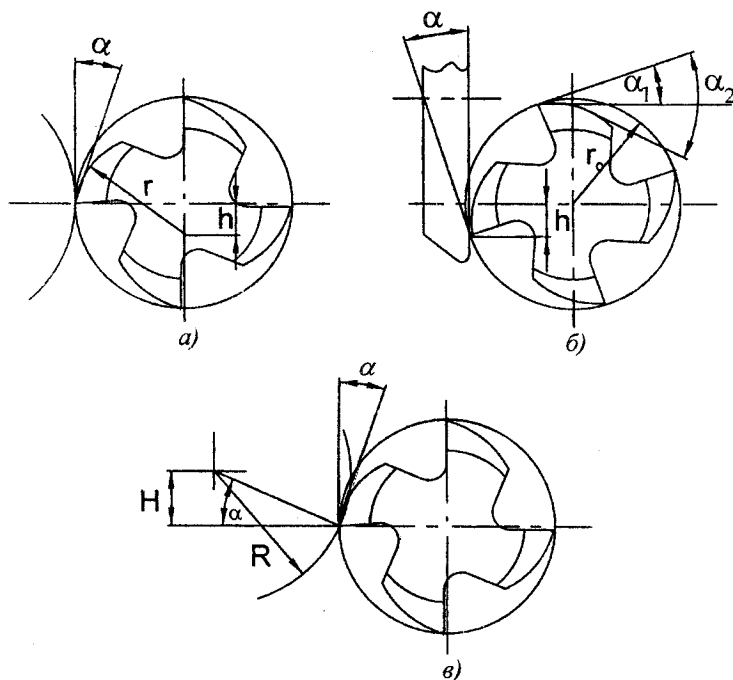


Рис. 7.38. Схеми заточування мітчиків

У випадку, що розглядається, шліфувальний круг заправляється під кутом φ .

При заточуванні задньої поверхні по площинах на кожному зубі мітчика утворюється дві площини. Положення першої площини задається кутами φ та α , а положення другої площини – кутами α_1 та φ_1 . Заточування по площині може проводитися торцем шліфувального круга (рис. 7.38, б) при установці мітчика на універсально-заточувальному верстаті в центрах. Подібно заточуванню розверток перший поворот мітчика проводиться навколо його осі в центрах на величину $\theta_1 = \alpha$.

Другий поворот стола верстата здійснюється на кут θ_2 , рівний:

$$\operatorname{tg} \theta_2 = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha.$$

Аналогічним чином заточується під кутом α_1 друга затилкова площина.

Заточування задніх поверхонь зубців мітчика можна вести периферією дискового круга (рис. 7.38, *в*) на універсально-заточувальному верстаті в центрах. Стіл верстата повертається на кут φ і різальна кромка встановлюється паралельно до напрямку поздовжнього переміщення стола верстата. Вісь шліфувального круга встановлюється вище осі мітчика на величину H :

$$H = R \cdot \sin \alpha_N,$$

де $\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi$;

α_N – задній кут в нормальному перерізі;

R – радіус шліфувального круга.

7.8. Заточування протяжок

7.8.1. Загальні відомості

Круглі протяжки для обробки отворів є багатозубим інструментом. Передні та задні поверхні круглої протяжки є конічними поверхнями, осі яких співпадають з віссю протяжки. При перетині передні та задні поверхні утворюють різальну кромку зубів у формі кола.

Зношування протяжок протікає переважно по задніх поверхнях. Допустима величина зношування по задній поверхні знаходиться в межах 0,10–0,15 мм. Заточування протяжок проводиться по передній конічній поверхні конічною стороною тарілчастого шліфувального круга (рис. 7.39).

Від якості заточування протяжок залежить точність розмірів, шорсткість обробленої поверхні, стійкість інструмента. Для збереження різниці розмірів діаметрів зубів шар, що сточується, для чистових протяжок дорівнює 0,2–0,15 мм і для всіх зубів повинен бути однаковим. Припуск необхідно знімати в декілька проходів по всіх зубах по 0,05–0,1 мм за один прохід.

При заточуванні протяжок необхідно зберігати профіль западини зуба. Перехід від передньої конічної поверхні та дна западини і до спинки суміжного зуба повинен бути плавним, без задирок та уступів.

З цієї метою зручно вести заточування спочатку дотиком круга до западини та повільно виводити його до передньої поверхні.

Ширина круга, який заправлений по прямій до дуги кола, повинна бути приблизно рівною двом радіусам заокруглення кругової канавки. Тонкі шліфувальні круги під час заточування можуть згинатися і утворювати збільшений радіус заокруглення різальних кромок.

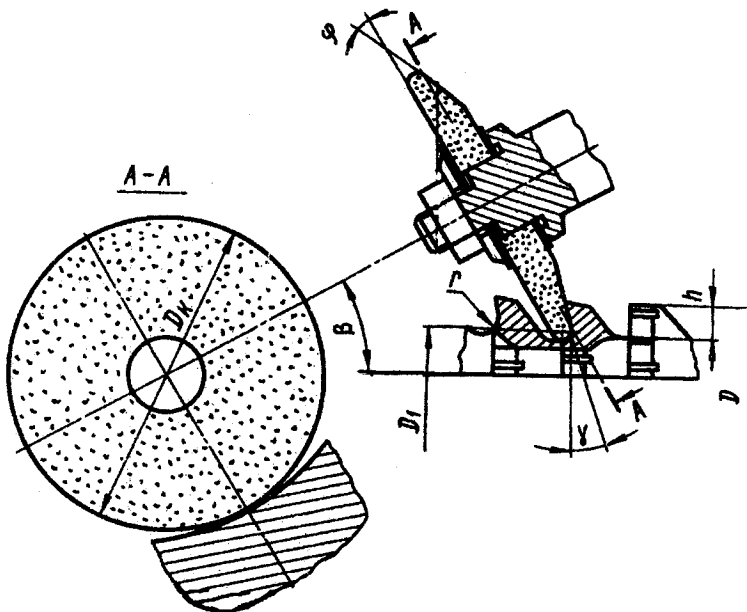


Рис. 7.39. Схема заточування круглої протяжки

Робоча частина шліфувального круга повинна мати визначений профіль, тотожний профілю западини зуба, що заточується. Радіус заправки зуба контролюється шаблоном. Вісь

круга та вісь протяжки повинні перетинатися, знаходячись в одній площині. Зміщення осі круга відносно осі протяжки утворюється на її передній поверхні односторонні риски (однонаправлені риски), внаслідок чого збільшується “пилкоподібність” різальних кромок, підвищується шорсткість обробленої поверхні.

Протяжки заточуються на спеціальних заточувальних верстатах, які мають центри для закріплення протяжок та шпиндельну бабку для установки і закріплення шліфувального круга. При заточуванні кут β між віссю шліфувального круга та віссю протяжки дорівнює:

$$\beta = \varphi + \gamma,$$

де γ – передній кут протягування у осьовому перерізі:

φ – кут профілю конічної частини шліфувального круга.

Кут β нахилу круга залежить від конструкції заточувального верстата, який дозволяє здійснювати поворот шпинделя у визначених межах, від геометрії западини зуба протяжки, від профілю шліфувального круга. Практично кут β нахилу круга не може бути більшим 60° .

Контроль якості заточування круглої протяжки полягає в огляді зовнішнього вигляду, перевірці величини переднього кута та профілю западини зуба протяжки. При зовнішньому огляді перевіряється знімання затупленого шару з кожного зуба протяжки, відсутність викришених кромок, характери рисок на передній заточувальній поверхні.

Для вимірювання величини переднього кута γ використовуються набори шаблонів з різними радіусами. Величина переднього кута може також вимірюватись за допомогою спеціальних кутомірів. Особливу увагу при контролі заточування протяжок необхідно звертати на профіль западини зуба, який перевіряється шаблоном. Діаметр зубів контролюють мікроміром.

7.8.2. Визначення діаметра шліфувального круга

При заточуванні круглих протяжок формування передньої поверхні, що заточується, проводиться обертанням шліфувального круга та протяжки навколо своїх осей (рис. 7.40).

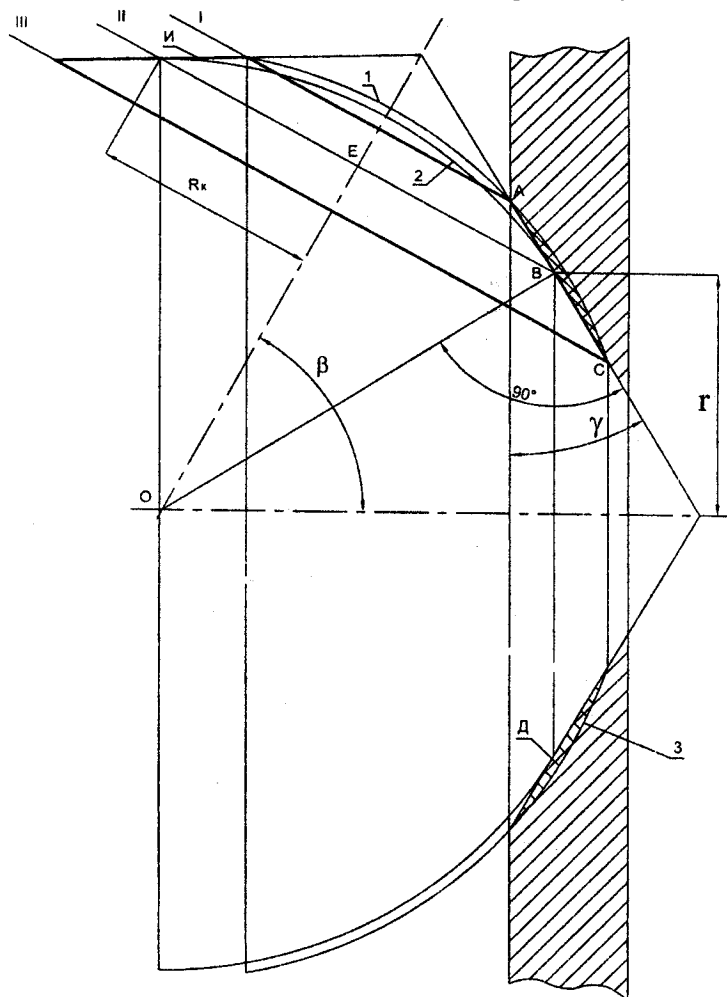


Рис. 7.40. Характер дотику шліфувального круга та передньої поверхні протяжки

В цьому випадку робоча поверхня шліфувального круга буде огинаючою послідовних положень передньої конічної поверхні при її русі відносно круга. Рух обертання протяжки навколо своєї осі при визначенні огинаючої можна не враховувати, оскільки він приводить до ковзання передньої поверхні "самої по собі". Тоді робоча поверхня круга буде огинаючою при обертанні передньої поверхні протяжки навколо осі круга. Характеристикою, лінією контакту спряжених поверхонь, що розглядаються, буде пряма AB – лінія перерізу передньої поверхні та площини S , що проходить через вісь круга та вісь протяжки. В точках лінії AB нормалі до передньої конічної поверхні перетинають вісь круга. Тому в точках лінії AB дотримується властивість загальних нормалей. Обертаючись навколо осі круга, пряма AB описує шукану робочу поверхню круга. Оскільки пряма AB перетинає вісь круга, його робоча поверхня буде круглою конічною поверхнею.

Щоб дослідити характер дотику спряжених поверхонь D та I розглянемо січні площини 1, 2, 3, перпендикулярні до осі круга. В перерізі 1 тонкий круг сформує сферу 1, яка буде дотикатися до поверхні D . Переріз 2 проведемо через точку B , яка є ортогональною проекцією точки O перерізу осей круга і деталі на пряму AB . Тонкий круг, розміщений в перерізі 2, формує сферу 2, яка буде дотикатися до поверхні D .

Розміщений в перерізі 3 тонкий шліфувальний круг сформує сферу 3, яка буде заглиблюватися в тіло деталі та підрізати її. Таким чином, на ділянці AB спостерігається дотик спряжених поверхонь без їх взаємного заглиблення, а на ділянці BC відбувається заглиблення спряжених поверхонь та відповідне підрізання профілю деталі.

Для того щоб обробити задану ділянку конічної поверхні з профілем AC без підрізання, необхідно зменшити радіус шліфувального круга. Допустимий радіус R_k конічного круга при шліфуванні заданої ділянки конічної поверхні визначається наступним чином (рис. 7.41). З крайньої точки C передньої конічної поверхні проводимо пряму CO , перпендикулярну до прямої AC . Точка O перерізу прямої CO та OF протяжки визначає точку перерізу осей шліфувального круга і протяжки. З точки O під вибраним кутом β проводимо вісь OE шліфувального круга.

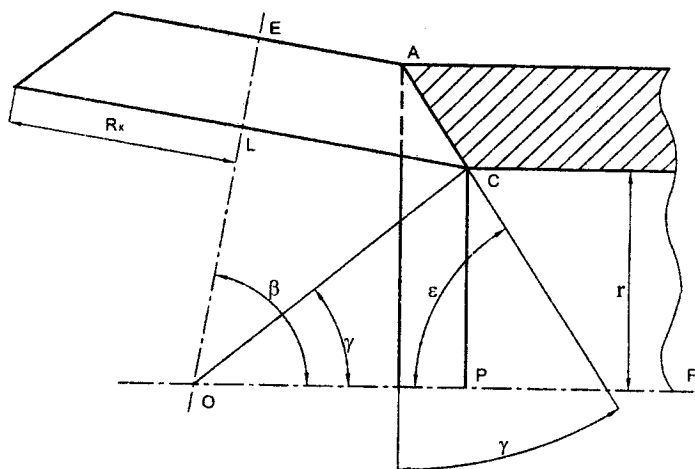


Рис. 7.41. Геометричне визначення діаметра шліфувального круга

Відстань від точки C до E буде радіусом R_k шліфувального круга, за допомогою якого можна обробити задану ділянку внутрішньої конічної передньої поверхні протяжки конічним кругом без підрізання. З трикутника OPC будемо мати:

$$R_k = LC = OC \sin(\beta + \gamma).$$

Отже:

$$R_k = \frac{\sin(\beta - \gamma)}{\sin \gamma}.$$

При заточуванні протяжок величина радіуса r з достатньою для практики точністю прийемо рівною 0,85 радіуса першого зуба протяжки. Відповідно діаметр шліфувального круга при заточуванні протяжок по передній конічній поверхні визначається за формулою:

$$D_k = \frac{D_1 \sin(\beta - \gamma)}{\sin \gamma},$$

- де D_k – діаметр шліфувального круга;
 D_1 – діаметр першого різального зуба протяжки;
 γ – передній кут протяжки, що заточується;
 β – кут між осями круга і протяжки.

При визначенні діаметра круга кут β необхідно вибирати таким чином, щоб шліфувальний круг не дотикався і не зрізав суміжний зуб протяжки.

Мінімальний діаметр круга обмежується розміром шпинделя верстата і не може бути меншим 40 мм.

7.9. Заточування зуборізних довбачів

7.9.1. Загальні відомості

Прямозубий зуборізний довбач має вигляд корегованого зубчастого колеса, спряженого з нарізаним колесом, яке перетворюється в різальний інструмент. Величина корекції при переході від одного перерізу довбача, перпендикулярного до осі, до іншого змінюється. В результаті цього задня поверхня довбача стає гвинтовою евольвентною поверхнею. За передню поверхню приймається конічна поверхня, вісь якої співпадає з віссю довбача. Зуборізний довбач з конічною передньою поверхнею не буде теоретично точним інструментом. Похибки обробки зубчастих коліс довбачом залежать від прийнятих величин передніх та задніх кутів на вершинній кромці. Для того щоб похибки обробки були невеликими, вибирають стандартні довбачі кутами на вершинній кромці $\gamma_0 = 5^\circ$ та $\alpha_0 = 6^\circ$.

На бокових різальних кромках передні кути γ_N змінюються від 0° в точках, що лежать на основному колі, до $2\text{--}3^\circ$ в точках, розміщених на коловому виступі, при $\gamma_N = 5^\circ$.

Для одержання доцільних значень передніх кутів γ_N рекомендуються різноманітні способи підточування передньої поверхні (рис. 7.42).

Для довбачів великих модулів вершинна кромка підточується циліндричним кругом, а бокові різальні кромки – конічним кругом (рис. 7.42, а). Передня поверхня може заточуватися двостороннім конічним шліфувальним кругом (рис. 7.42, б) або

відповідним фасонним кругом. Форма шліфувального круга вибирається такою, щоб при заточуванні зберігалась незмінною форма різальної кромки. Цій умові задовольняє шліфувальний круг, робоча поверхня якого описується різальною кромкою довбача при її обертанні навколо осі круга.

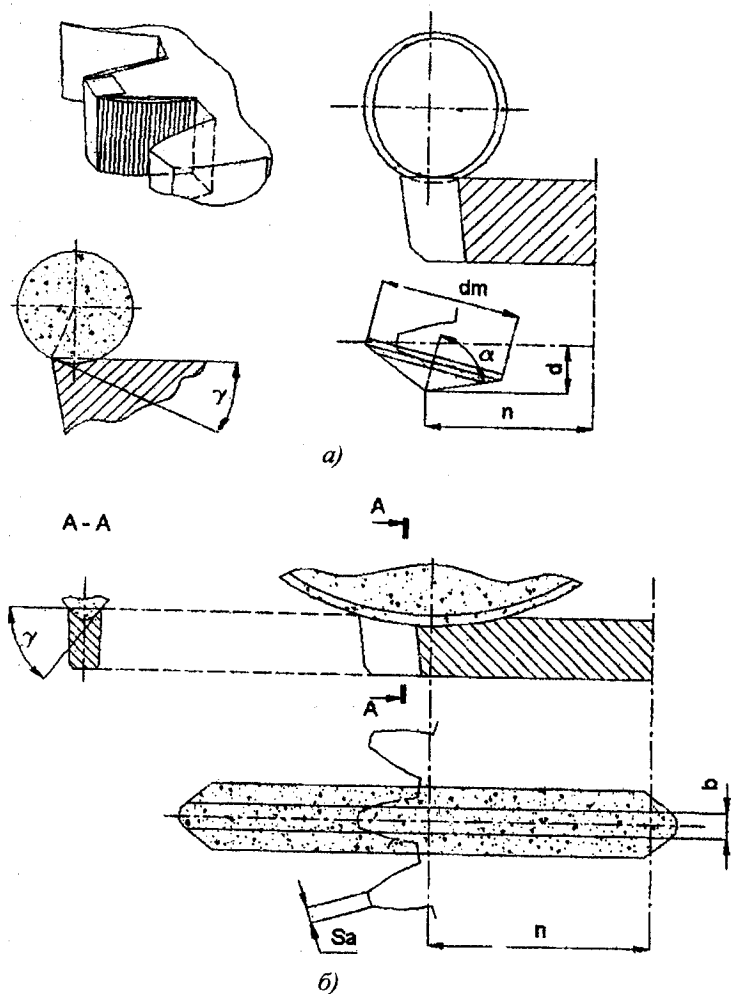


Рис. 7.42. Способи підточування передньої поверхні довбача

7.9.2. Заточування довбачів по конічній передній поверхні

В практиці зуборізні довбачі найчастіше переточуються по конічній поверхні. Заточування довбачів по конічній поверхні можна проводити циліндричним кругом (рис. 7.43). При заточуванні шліфувальний круг обертається навколо своєї осі, довбач, що заточується, також обертається навколо своєї осі. Здійснюється також врізання шліфувального круга в матеріал довбача. Осі круга та довбача перетинаються. Кут між ними дорівнює $(90^\circ - \gamma_B)$.

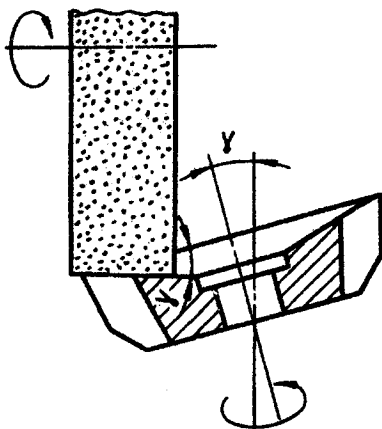


Рис. 7.43. Заточування довбача по конічній поверхні

Характеристикою, тобто лінією контакту робочої поверхні круга та передньої поверхні довбача, буде пряма AB . Пряма AB лежить в площині, яка проходить через осі довбача та круга. Тому нормалі до передньої поверхні довбача і до робочої поверхні круга будуть спільні. Отже, пряма AB буде за властивостями спільних нормалей характеристикою. Пряма AB проходить паралельно до осі шліфувального круга. Обертаючись навколо осі круга, пряма AB описує вихідну інструментальну поверхню круга в формі круглого циліндра. Радіус R_k шліфувального круга необхідно вибрати таким чином, щоб його

робоча поверхня не заглиблювалась в тіло довбача, тобто щоб в перерізах, наприклад NN , перпендикулярних до прямої AB , радіус кривизни профілю зуба був меншим за радіус кривизни профілю передньої поверхні довбача.

Якщо розглядати перерізи перпендикулярні до прямої AB і переміщатися від точки A до точки B , то радіус круга в цих перерізах буде постійним, а радіус кривизни профілю передньої конічної поверхні довбача буде зменшуватися. Тому, з точки зору заглиблення спряжених профілю, найбільш небезпечним буде переріз, що проходить через точку B . Радіуси кривизни профілю передньої поверхні довбача визначаються за теоремою Меньє. В перерізі 1 радіус в точці B довбача позначимо через r , а радіус кривизни в нормальному перерізі характеристики AB позначимо через r_N .

У відповідності з теоремою Меньє:

$$R = r_N \cdot \cos \sigma = r_N \cdot \cos(90 - \gamma_B) = r_N \cdot \sin \gamma_B,$$

де σ – кут між площиною I та нормальним перерізом.

Звідси:

$$r_N = \frac{r}{\sin \gamma_B}.$$

Радіус шліфувального круга R_k може бути меншим або в граничному випадку дорівнювати радіусу r_N .

Отже:

$$R_k \leq \frac{r}{\sin \gamma_B}.$$

Осі шліфувального круга та заточувального довбача можуть бути взаємно перпендикулярними прямими, що перетинаються (рис. 7.43). В цьому випадку спряження поверхонь шліфувального круга буде конічною поверхнею з кутом профілю, що дорівнює γ_B , яка по характеристиці AB буде дотикатися до передньої поверхні довбача. Найбільш небезпечною, з точки зору заглиблення шліфувального круга в передню поверхню довбача, буде обробка в зоні, що відповідає точці B . За тео-

ремою Менье, радіус кривизни передньої поверхні в нормальному перерізі N дорівнює:

$$r_N = \frac{r}{\sin \gamma_B}.$$

Радіус кривизни R_{NK} конічного шліфувального круга в нормальному перерізі дорівнює:

$$R_{KN} = \frac{R_K}{\cos \gamma_B}.$$

Для того щоб не було заглиблення шліфувального круга в передню поверхню довбача, необхідно, щоб радіус кривизни r_N рельєфного профілю передньої поверхні довбача був рівний R_{KN} , тобто:

$$\frac{r}{\sin \gamma_B} = \frac{R_K}{\cos \gamma_B}.$$

Звідси:

$$R_K \leq r \cdot \operatorname{ctg} \gamma_B.$$

У відповідності з цим співвідношенням вибирається в даному випадку радіус R_K конічного шліфувального круга.

7.9.3. Заточування довбачів по сферичній поверхні

Заточування зуборізних довбачів можна проводити по сферичній поверхні. Схема заточування довбача по сферичній поверхні зображена на рис. 7.44. В процесі заточування шліфувальний круг обертається навколо своєї осі, довбач, що заточується, також обертається навколо його осі. Осі круга та довбача перетинаються. Формування сферичної поверхні здійснюється профілюючим колом BC . Положення сферичної передньої поверхні вибираємо таким, щоб на ділільному циліндрі довбача конічна передня та сферична поверхні дотикались одна до одної.

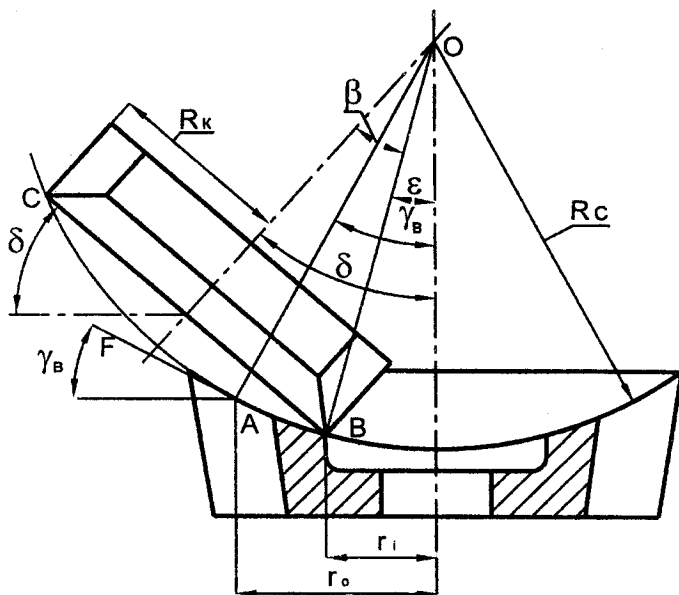


Рис. 7.44. Заточування довбача по ввігнутій сферичній поверхні

В точках колового дотику сферичної та конічної поверхонь передній кут приймається рівним γ_B .

Розглянемо картину в площині, в якій лежать осі довбача та шліфувального круга. В точці A загальна дотична до конічної та сферичної поверхонь буде розміщуватися під кутом γ_B . Для того щоб забезпечити дотик профілю сферичної поверхні в точці A до прямої AF , необхідно, щоб центр сферичної поверхні розташовувався на прямій AO , яка проходить перпендикулярно до прямої AF . З іншого боку, для того щоб за допомогою профілюючого кола сформувати сферу, центр сфери повинен лежати на осі довбача. Таким чином, центр O сфери визначається як точка перетину прямої AO та осі довбача.

Радіус R_c сферичної поверхні дорівнює:

$$R_c = \frac{r_o}{\sin \gamma_B} = \frac{m \cdot Z_o}{2 \sin \gamma_B},$$

де r_o – радіус ділильного кола довбача;

m – модуль;

Z_o – число зубів довбача.

За побудовою:

$$\sin \varepsilon = \frac{r_l}{R_c},$$

де r_l – радіус крайньої точки поверхні довбача, що обробляється;

$$\sin \beta = \frac{R_k}{R_c};$$

кут установки шліфувального круга:

$$\delta = \beta + \varepsilon.$$

Твердосплавні довбачі можуть проектуватися з від'ємними передніми кутами. В цьому випадку передня поверхня може заточуватися по опуклій сферичній поверхні. Схема заточування довбача опуклої сферичної поверхні зображена на рис. 7.45.

Положення опуклої сферичної поверхні вибираємо таким, щоб в точках різальних кромок, розміщених на довгому циліндрі, створити задану величину переднього кута γ_B .

Розглянемо картину в площині, в якій лежать осі довбача та шліфувального круга. В точці A , розміщеній на ділильному колі, під заданим кутом γ_B проведена пряма AF – дотична до профілю сферичної поверхні. Перпендикулярно до прямої AF проведена пряма AO , на якій повинен бути розміщений центр O сферичної поверхні. З іншого боку, центр сфери повинен лежати на осі довбача. Тому центр O сферичної поверхні знаходиться як точка перерізу осі довбача з прямою AO .

Радіус R_c сферичної поверхні дорівнює:

$$R_c = \frac{r_o}{\sin \gamma_B}.$$

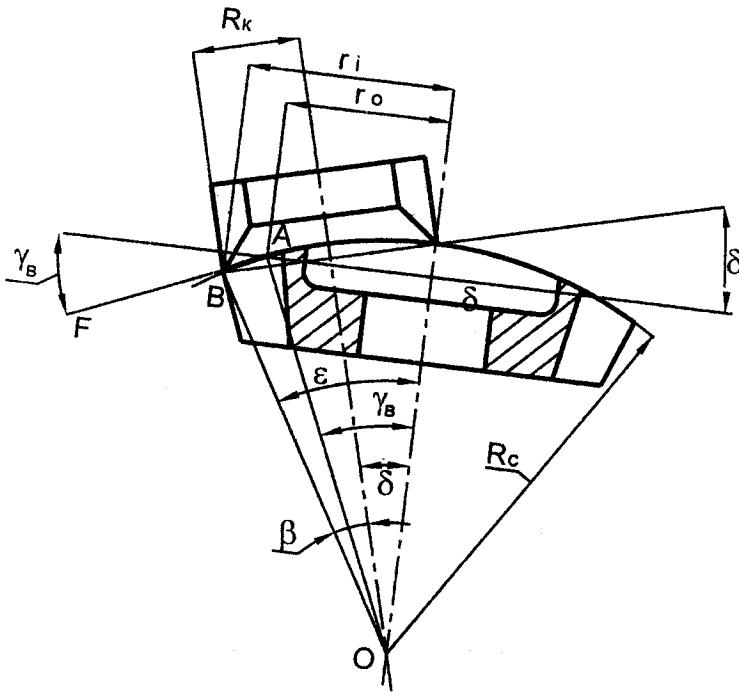


Рис. 7.45. Заточування довбача по опуклій сферичній поверхні

За побудою матимемо:

$$\sin \beta = \frac{r_i}{R_c},$$

де r_i — радіус крайньої точки B , оброблюваної передньої поверхні довбача.

$$\sin \beta = \frac{R_k}{R_c}.$$

Кут δ установки шліфувального круга дорівнює:

$$\delta = \varepsilon - \beta.$$

У порівнянні із заточуванням по конічних поверхнях, заточування по сферичних поверхнях дозволяє варіювати формою проекції різальної кромки на площину, перпендикулярну до осі довбача, і таким чином впливає на форму профілю оброблених довбачем зубчастих коліс та відповідно на працездатність зубчастої передачі.

Крім того, при способах заточування по сферичних поверхнях, які розглядаються, формоутворення обробленої поверхні проводиться профілюючим колом шліфувального круга, що сприяє зниженню теплової напруги преса та підвищенню якості заточування.

7.10. Заточування черв'ячних фрез

7.10.1. Загальні відомості

Черв'ячні фрези використовуються на зубофрезерних верстатах при обробці циліндричних коліс, шліцьових валів та інших багатозубих деталей.

Черв'ячна фреза має вигляд вихідного черв'яка, спряжений з виробом, що нарізається, перетвореного в різальний інструмент шляхом прорізання зубців. Найчастіше це – черв'ячні фрези з гвинтовими канавками для стружки. Передній кут γ в перерізі, перпендикулярному до осі фрези, зазвичай дорівнює нулю. Передня гвинтова поверхня є архімедовою гвинтовою поверхнею, твірні якої проходять перпендикулярно до осі фрези.

Однією з основних операцій технологічного процесу виготовлення черв'ячних фрез є заточування її передньої поверхні. При заточуванні необхідно забезпечити радіальність передньої поверхні, рівномірність кругового кроку, задану величину ходу гвинтових канавок для стружки, необхідну шорсткість передньої поверхні ($R_z = 1,6-3,2$ мкм, $R_a = 0,63-1,25$ в залежності від класу точності), відсутність кольорів мінливості на передній поверхні, забоїв та задирок на різальних кромках, слідів зношування зубців.

Якість заточування черв'ячних фрез суттєво впливає на точність оброблених зубчастих коліс.

При наявності піднутрення передньої поверхні зубці колеса, нарізаного такою черв'ячною фрезною, отримуються несиметричними та зі стовщеною головкою.

Нерівномірність кругового кроку зубів фрези призводить до стовщення або до стоншення профілю зуба фрези та викривлення його висоти, що викликає відхилення профілю нарізаного зуба колеса від вірної евольвенти.

Відхилення від радіальності передньої поверхні зуба не повинно перевищувати 10–45' в сторону піднутрення в залежності від модуля та класу точності фрези, відхилення від рівномірності кругового кроку – 0,05–0,12 мм.

Відхилення в кроці гвинтових канавок для стружки призводить до радіального биття різальних кромки та конусності фрези по зовнішньому циліндру.

Похибка напрямку канавок для стружки на 100 мм довжини фрези не повинна перевищувати $\pm 50 \pm 125$ мкм в залежності від класу точності та модуля.

Зношування зубів черв'ячних фрез проходить по задній поверхні. Найбільш інтенсивно зношується зона вершин декількох зубів. Величина зношування не повинна перевищувати 0,8–1,2 мм. Величина сточування за одну переточку коливається від 1,0 до 1,4 мм. При переточуванні зменшується ширина зуба фрези. Величина допустимого сточування визначається точністю зуба гранично сточеної фрези.

Заточування черв'ячних фрез проводиться на спеціальних верстатах. При відсутності визначеного заточувального верстата заточування черв'ячних фрез можна вести на універсально-заточувальному верстаті. В цьому випадку використовуються спеціальні пристрої, які надають шліфувальному кругу, що обертається, гвинтовий рух відносно заточуваної фрези, параметр якого дорівнює параметру передньої архімедової гвинтової поверхні.

На рис. 7.46 показана схема пристрою для заточування гвинтових поверхонь. В цьому випадку гвинтовий рух шліфувального круга утворюється за допомогою копіювальної лінійки, яка встановлюється на станині верстата. При цьому параметр

гвинтового руху шліфувального круга відносно фрези, що заточується, визначається кутом φ нахилу копіювальної лінійки.

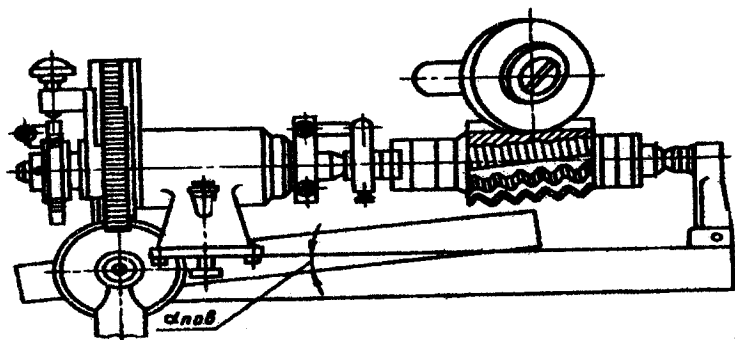


Рис. 7.46. Пристрій для заточування черв'ячних фрез

По пазу копіювальної лінійки пересувається повзун, зв'язаний з рейкою. Рейка переміщається у вертикальному напрямку і обертає зубчасте колесо, яке знаходиться з нею в зачепленні. Зубчасте колесо закріплене на шпинделі пристрою, в якому встановлений центр співвісно з центром задньої бабки.

Між центрами на оправці встановлюється фреза, яка заточується. При переміщенні стола у поздовжньому напрямку повзун, ковзаючи по пазу похило встановленої нерухомій копіювальній лінійці, переміщує у вертикальному напрямку рейку, яка обертає спряжене зубчасте колесо та співвісну з ним фрезу, що заточується. При заточуванні фреза відносно шліфувального круга, що обертається, здійснює гвинтові рухи, параметр яких залежить від кута φ нахилу копіювальної лінійки.

Кут нахилу копіювальної лінійки визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\pi m Z}{P_{zo}},$$

де P_{zo} – хід гвинтової канавки для стружки, заточуваної фрези;
 m – модуль рейки та спряженого з нею зубчастого колеса;
 Z – число зубів зубчастого колеса.

Заточування черв'ячних фрез найчастіше здійснюється методом багатопрхідного шліфування з поділом на зуб після кожного подвійного ходу.

Одержало розповсюдження також заточування швидкохідних черв'ячних фрез з прямими канавками глибинним методом. Заточування ведеться торцем шліфувального круга з ельбору.

Контроль заточених фрез проводиться на спеціальних приладах. Перевіряється радіальність передньої поверхні, накопичена помилка кругового кроку, найбільша різниця кругових кроків канавок для стружки в межах одного оберту, величини ходу гвинтових канавок для стружки, радіальне биття об конусність по зовнішньому циліндру, шорсткість передньої поверхні.

Огляд зовнішнього вигляду дає можливість встановити відсутність кольорів мінливості на поверхнях різальної частини, забоїн та задирок на різальних кромках, слідів зношування зубів.

7.10.2. Форма шліфувального круга для заточування черв'ячних фрез

Заточування черв'ячних фрез, як правило, проводиться конічною поверхнею шліфувального круга типу ЧП з кутом профілю, який перевищує 15° . Твірна робочої конічної поверхні круга розташовується по радіусу оправки фрези. Установка проводиться за допомогою шаблону (рис. 7.47).

При заточуванні черв'ячних фрез з гвинтовими стужковими канавками конічною поверхнею шліфувального круга на передній поверхні зубів утворюється опуклість, величина якої збільшується зі збільшенням кута ω нахилу гвинтових канавок. Тому конічними шліфувальними кругами рекомендується заточувати черв'ячні фрези, в яких кут нахилу гвинтових канавок для стружки $\omega \leq 5-7^\circ$. При заточуванні конічним кругом з метою зменшення відхилення від радіального напрямку передньої поверхні доцільно використовувати відносно малі за діаметром шліфувальні круги з великими кутами профілю.

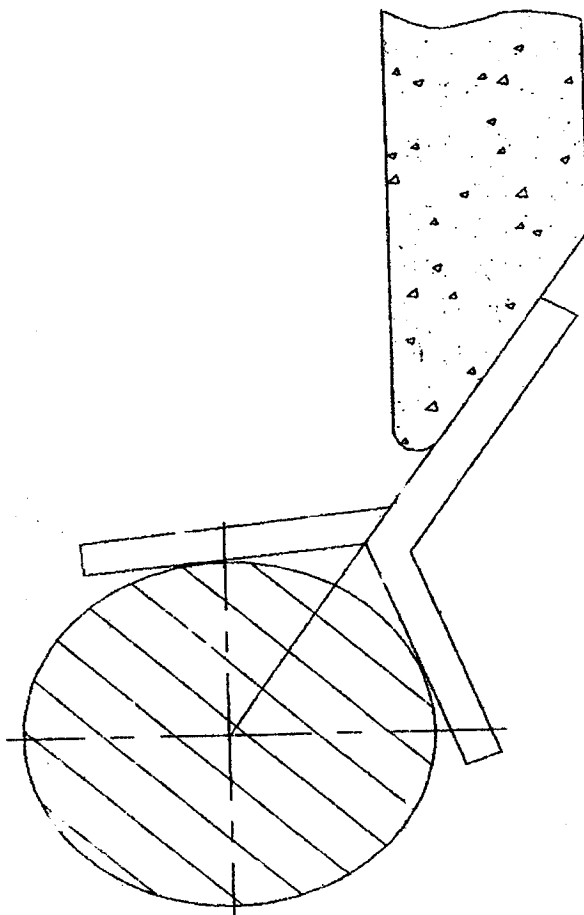


Рис. 7.47. Установка шліфувального круга по шаблону

Для заточування фрез з великими кутами нахилу гвинтових канавок для стружки з метою одержання прямолінійної передньої поверхні необхідно використовувати круги фасонного профілю.

Профіль шліфувального круга, спряжений з архімедовою гвинтовою поверхнею, може бути визначений аналітично.

З черв'ячною фрезою зв'яжемо систему координат $X_0Y_0Z_0$, а систему $X_1Y_1Z_1$ – зі шліфувальним кругом (рис. 7.48). Вісь X_1 проходить по осі шліфувального круга, а вісь Y_0 – паралельно осі черв'ячної фрези.

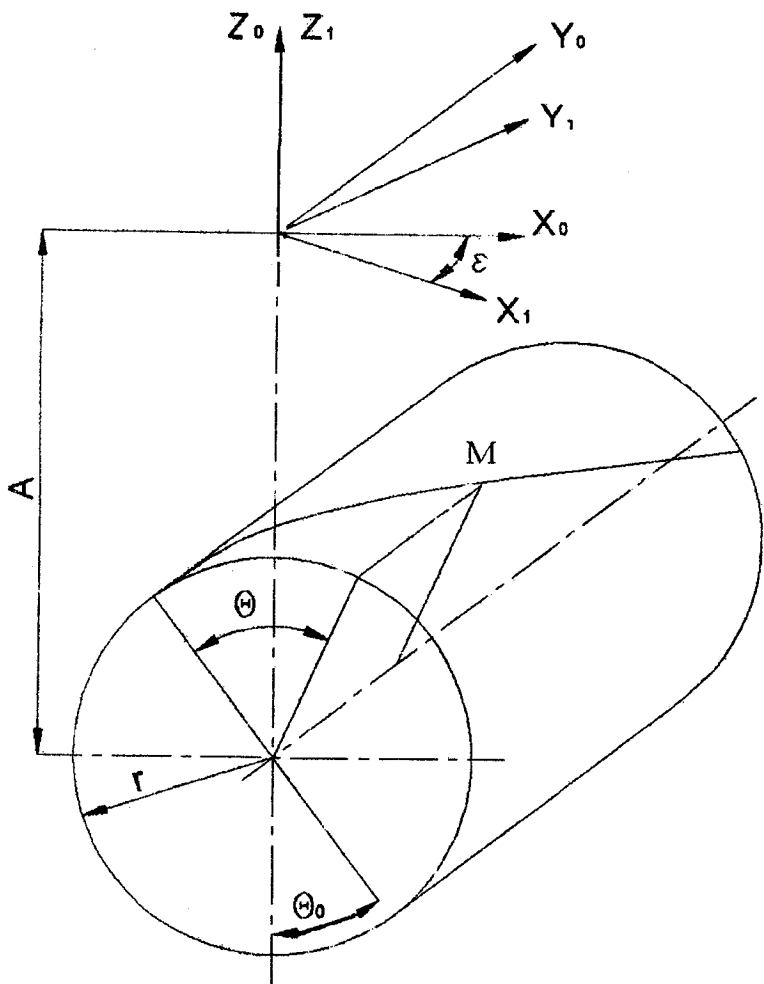


Рис. 7.48. Визначення профілю шліфувального круга при заточуванні черв'ячних фрез

В системі $X_0Y_0Z_0$ рівняння гвинтової архімедової поверхні буде:

$$\begin{aligned} X_0 &= r \sin(\theta - \theta_0); \\ Y_0 &= p\theta; \\ Z_0 &= r \cos(\theta - \theta_0) - A, \end{aligned}$$

де A – відстань між осями фрези і круга;

p – кут гвинтової поверхні;

θ_0 – кут, який складає в перерізі $Y_0 = 0$ твірна гвинтової поверхні з віссю Z ;

r – радіус точки архімедової гвинтової поверхні, що розглядається;

θ – кут між твірною гвинтовою поверхнею в точці, що розглядається, і початковою твірною, яка лежить в площині $Y_0 = 0$.

Вектори, дотичні до архімедової гвинтової поверхні, будуть:

$$\begin{aligned} \bar{K} &= i \bar{\cos}(\theta - \theta_0) + j \bar{c} \bar{t} g w_x - k \bar{\sin}(\theta - \theta_0); \\ \bar{T} &= i \bar{\sin}(\theta - \theta_0) + k \bar{\cos}(\theta - \theta_0), \end{aligned}$$

де w_x – кут нахилу гвинтової поверхні на довільному радіусі r .

Швидкість \bar{V} обертання навколо осі шліфувального круга буде:

$$\bar{V} = [\bar{w} \times \bar{R}].$$

Прийmemo довжину вектора $\bar{w} = 1$.

Тоді будемо мати:

$$\begin{aligned} \bar{w} &= i \bar{\cos} \varepsilon - j \bar{\sin} \varepsilon; \\ \bar{V} &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ \bar{\cos} \varepsilon & -\bar{\sin} \varepsilon & 0 \\ r \bar{\sin}(\theta - \theta_0) & p \cdot \theta & r \bar{\cos}(\theta - \theta_0) - A \end{vmatrix}. \end{aligned}$$

Звідси:

$$\vec{V} = i \{ -\sin \varepsilon [r \cos(\theta - \theta_0)] - A \} - j \bar{c} \cos \varepsilon [r \cos(\theta - \theta_0) - A] + k [p \theta \cos \varepsilon + r \sin \varepsilon \sin(\theta - \theta_0)].$$

Рівняння контакту буде:

$$\left(|\vec{K} \times \vec{T}| \right) \cdot \vec{V} = 0.$$

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta - \theta_0) & \operatorname{ctg} \varepsilon & -\sin(\theta - \theta_0) \\ \sin(\theta - \theta_0) & 0 & \cos(\theta - \theta_0) \\ -\sin \varepsilon [r \cos(\theta - \theta_0) - A] & -\cos \varepsilon [\theta - \theta_0 - A] & p \theta \cos \varepsilon + r \sin \varepsilon \sin(\theta - \theta_0) \end{vmatrix} = 0.$$

Розкриваючи визначник, після перетворень, одержимо:

$$r^2 \sin \varepsilon - r A \cos(\theta - \theta_0) \sin \varepsilon + p \cos \varepsilon \cos(\theta - \theta_0) - p \theta \sin(\theta - \theta_0) \cos \varepsilon + p \cdot A \cdot \cos \varepsilon = 0.$$

З цього рівняння контакту, задаючись рядом значень кута θ або r , визначаємо відповідно r або θ . Знаючи параметри θ та r , розраховуємо координати точок контакту на поверхні деталі в системі $X_0 Y_0 Z_0$:

$$\begin{aligned} X_0 &= r \sin(\theta - \theta_0); \\ Y_0 &= p \cdot \theta; \\ Z_0 &= r \cos(\theta - \theta_0) - A. \end{aligned}$$

Координати точок контакту в системі $X_1 Y_1 Z_1$ будуть:

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_0; \\ X_1 &= X_0 \cos \varepsilon - Y_0 \sin \varepsilon; \\ Y_1 &= X_0 \sin \varepsilon + Y_0 \cos \varepsilon, \end{aligned}$$

де ε – кут установки шліфувального круга 1.

Радіуси Q_i шліфувального круга в перерізах, перпендикулярних до його осі при різних значеннях X_1 , розраховуються за формулою:

$$Q_i = \sqrt{Z_1^2 + Y_1^2}.$$

Величини радіусів шліфувального круга в площинах, перпендикулярних до його осі, визначають профіль шліфувального круга, спряженого з гвинтовою передньою поверхнею черв'ячної фрези.

На практиці часто користуються заправкою круга від руки на око та підгоном прямолінійності передньої поверхні, проводячи операції підзаправлення круга і контроль до тих пір, поки не буде забезпечене якісне заточування фрези. Використовують також спеціальні пристосування для заправки круга, які автоматично дозволяють відновити шліфувальний круг необхідної форми.

Контрольні запитання

1. Назвіть характеристики шліфувальних кругів при заточуванні швидкорізального та твердосплавного інструмента.
2. Охарактеризуйте режими заточування інструмента.
3. Який пристрій використовується при заточуванні різців?
4. Який пристрій використовується при заточуванні торцевих фрез та спіральних свердел по площинах?
5. Який пристрій використовується при заточуванні розверток?
6. Який пристрій використовується при заточуванні черв'ячних фрез?
7. Охарактеризуйте методику визначення кутів установки

- при заточуванні інструмента по площинах.
8. Графічно визначіть кут установки при заточуванні інструмента по площинах.
 9. Назвіть способи заточування спіральних свердел.
 10. Охарактеризуйте методику визначення поздовжніх та поперечних кутів інструмента.
 11. Які інструменти використовуються при вимірюванні геометричних параметрів різальної частини інструментів?
 12. По якій поверхні переточується круга протяжка?
 13. Як графічно визначити діаметр шліфувального круга при заточуванні протяжок?
 14. Чому заточування передньої поверхні черв'ячної фрези проводять кінчною стороною шліфувального круга?
 15. Наведіть послідовність заточування циліндричних фрез з прямим та гвинтовим зубом.
 16. По якій поверхні переточується зуборізний довбач?

Глава 8

ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ РІЗАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ІНСТРУМЕНТА

Висока стійкість інструментів в основному забезпечується твердістю, зносостійкістю, теплостійкістю та міцністю їх різальних елементів.

Ці важливі характеристики інструмента забезпечуються високими фізико-механічними властивостями інструментального матеріалу та якісною термічною обробкою інструмента. Проте, у багатьох випадках можна підвищити різальну здатність інструмента поліпшенням властивостей поверхневих шарів робочих частин.

В інструментальному виробництві використовуються різні методи поліпшення якості поверхневого шару різального інструмента. Перша група методів характеризується тим, що на робочій поверхні інструмента тим або іншим чином наносять шар (плівку) товщиною 2–5 мкм з матеріалу, що має більш високу зносостійкість, ніж основний матеріал. Друга група методів передбачає зміцнення матеріалу, з якого виготовлений інструмент, причому зміцненню можуть піддаватися як обмежені приповерхневі зони, так і вся поверхня інструмента. При плівковому способі, як правило, різко змінюються властивості в зоні переходу від зміцнених шарів до основного матеріалу інструмента, що може викликати відшарування зміцнюючого покриття. При зміцненні безпосередньо матеріалу інструмента має місце плавний перехід властивостей від зміцненої поверхні до серцевини, глибина зони зміцнення перевищує товщину тонкого шару покриття, що призводить до більш стабільного збільшення стійкості інструмента.

Методи, які пов'язані з одержанням тонкого шару покриття, найчастіше використовуються при зміцненні твердосплавного інструмента, а для сталевих інструментів – методи, зв'язані із зміцненням безпосередньо матеріалу інструмента – операції зміцнення, як правило, проводяться на кінцевих стадіях виготовлення інструмента.

8.1. Методи хіміко-термічного зміцнення

Іонне азотування різальних інструментів – процес насичення поверхні виробів азотом в умовах іонізації газового середовища, що знаходиться у вакуумованій камері. Оброблюваний інструмент при цьому процесі підключається до катода, а анодом є стінка камери. Між ними утворюється потенціал струму близько 400–1100 В.

Іонне азотування здійснюється за дві стадії: очищення поверхні катодним розпорощуванням і насиченням поверхні.

Технологічний процес включає: промивання, сушіння, складання пристосування, вакуумування (40 хв), катодне розпорощення (0,5–2,0 год), азотування (1–2 год), охолодження у вакуумі (1,5–2,0), розвакуумування, розбирання садки. Температура процесу – 470–560 °С, тиск – 1,3–13 Па. Іонному азотуванню піддаються швидкорізальні інструменти, наприклад, фрези, свердла, розвертки, протяжки тощо.

Карбонітування – це процес насичення поверхневих шарів швидкорізального інструмента вуглецем та азотом в розчинах ціанатів і карбонатів лугових металів при температурі 520–580 °С.

Рекомендованим розчином ванни для карбонітування є розчин, який складається з ціанату калію та карбонату калію (15–25 %). Інструмент після всього циклу обробки, зібраний в пристосуванні промивають, нагрівають на повітрі до 350–400 °С, переносять в активний розчин, витримують визначений час і охолоджують. Тривалість карбонітування приблизно дорівнює 1 хв на 1 мм діаметра інструмента, але не більше 25–30 хвилин. Основним обладнанням для карбонітування є тигельна або шахтова піч, в яку вставляється титановий тигель для активної ванни.

В результаті карбонітування на поверхні швидкорізального інструмента з'являється тонкий нетравлений шар карбоніридів, що забезпечує високий рівень експлуатаційних властивостей інструмента. Важливою якістю карбонітрованої сталі є її здатність зберігати високу твердість поверхневого шару при нагріванні до 650–670 °С.

8.2. Утворення адгезійних покриттів тонких шарів

Плазмове та детонаційне напилювання.

В потоці плазми можна наносити покриття з будь-яких матеріалів, які не розпадаються і не випаровуються при високих температурах (метали та окисли, карбіди, нітриди і сплави). Найчастіше для нанесення покриття використовуються порошки з однорідним гранулометричним складом, оскільки надто великі частинки не встигають розчинитися в плазмовому струмені, а дрібні погано транспортуються газом в плазмову головку. Рекомендується використовувати порошки з частинками розмірами від 40 до 70 мкм. В асортимент спеціалізованих матеріалів для плазмового напилювання входять порошки тугоплавких металів, окислів, сплавів типу ВК.

Покриття характеризуються складною структурою та високою анізотропією фізичних та механічних властивостей. Міцність зчеплення покриття з підкладкою складає 2,0–2,5 кгс/мм². Плазмове покриття має підвищену пористість. Навіть при проведенні операції напилювання в камерах із захисним середовищем та використанням для напилювання тонкодисперсійних порошоків (розмір частинок від 100 Å до 50 мкм) пористість нанесеного шару складає 2–5 %, в інших випадках вона доходить до 15 %. Це обумовлено тим, що шар, який напилюється, утворюється із швидкозатверділих дрібних частинок порошку, який наноситься на поверхню за допомогою плазмового струменю.

Плазмові установки для нанесення покриття складаються з порошкового або дротяного розпилувача (рис. 8.1), джерел живлення постійного струму, бункерів живлення для рівномірної подачі порошку в плазмовий розпилувач і пульту керування, який дозволяє підтримувати технологічні параметри на заданому рівні. Як плазмоутворюючі гази використовуються аргон, азот, аміак, кисень, гелій або їх суміші.

Для отримання плазми використовуються плазмодугові та плазмоструменеві пальники. В плазмодуговому пальнику електрична дуга горить між анодом (матеріал, що обробляється) і катодом (вольфрам) (рис. 8.2, а). Закручений потік робочого газу, що витікає зі сплаву, стабілізує дугу. В плазмоструменевому пальнику дуга утворюється між вольфрамовим катодом

дом та охолоджувальним мідним соплом – анодом (рис. 8.2, б). Дуга нагріває до високої температури робочий газ, який попадає в камеру пальника і витікає із сопла у вигляді плазмового струменя. До недоліків плазмового напилювання відносяться: низька продуктивність, значний шум, сильне ультрафіолетове випромінювання, підвищення пористості та недостатній зв'язок покриття з підкладкою.

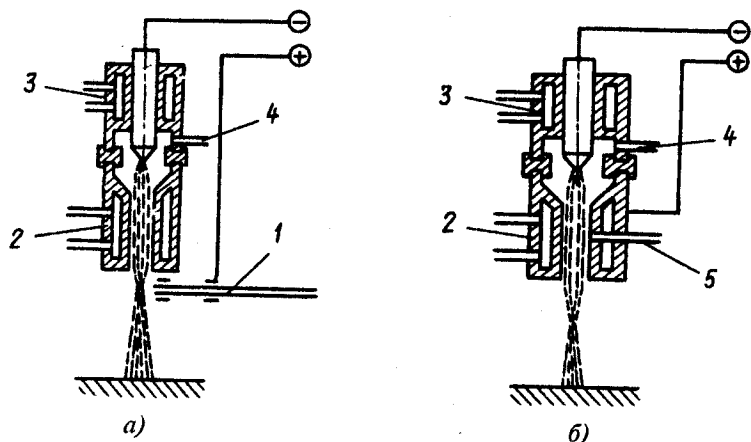


Рис. 8.1. Схема пристроїв для плазмового нанесення покриттів з дроту (а) та порошку (б): 1 – дріт, що розплавляється; 2 – водохолоджувальний анод (сопло); 3 – водохолоджувальний катод; 4 – введення плазموутворюючого газу; 5 – введення порошку, що розплавляється

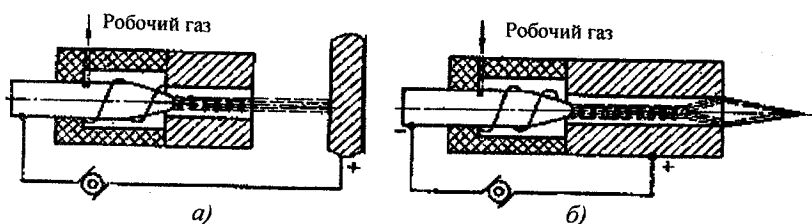


Рис. 8.2. Плазмоводуговий (а) та плазмовструменевий (б) пальники

Більш перспективним методом утворення зносостійких покриттів на основі тугоплавких з'єднань напилення за допомогою енергії вибуху газових сумішей. Цей метод одержав назву детонаційний.

Принципова схема пристрою для детонаційного напилення показана на рис. 8.3. Порція газової суміші, наприклад, ацетилену та кисню, подаються зі змішувача 1 в канал ствола 2. Одночасно з дозатора 3 поступає визначена кількість порошку матеріалу, що наноситься. Вибух газової суміші відбувається за допомогою запального пристрою 4. Під дією детонації та явищ, які її супроводжують, напилюваний матеріал, нагрівається і з великою швидкістю викидається з відкритого кінця ствола на поверхню, що напилюється.

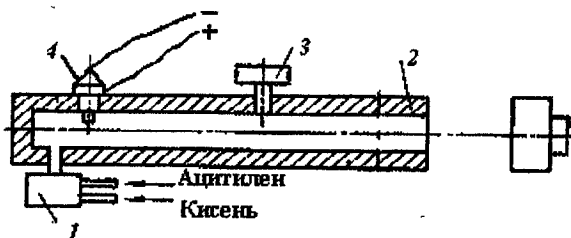


Рис. 8.3. Схема пристрою для детонаційного напилювання покриттів

Перевагою детонаційного методу є те, що з'єднання покриття з матеріалом в основному відбувається механічним шляхом при високошвидкісному зіткненні частинок, що напилюються, (800–1000 м/с) з поверхнею інструмента. При цьому температура основи не перевищує 200 °С. Тому основа не деформується. Покриття відрізняється щільністю (пористість менше 1 %) та зчепленням з матеріалом підкладки (100–160 МПа).

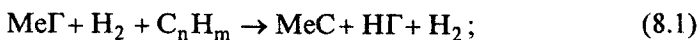
До недоліків детонаційного методу напилювання відносяться висока вартість обладнання та шуми, які досягають 140 дБ. Покриття з твердого сплаву та окислу алюмінію можна наносити на протяжки, дрібні різці, свердла, фрези, мітчики тощо.

Стійкість інструмента при цьому зростає.

У світовій практиці виробництва різального інструмента з покриттям найбільше застосування одержали процеси хімічного (ХОП) та фізичного (ФОП) осадження покриттів.

Основною методів ХОП є гетерогенні хімічні реакції в парогазовому середовищі навколо інструмента, в результаті яких утворюються покриття. Вихідними продуктами є газоподібні галогеніди, при взаємодії яких з іншими складовими сумішей (воднем, аміаком, окислом вуглецю та ін.) утворюються покриття. Розкладання галогеніду відбувається внаслідок термічної хімічної реакції ($T = 1000\text{--}11000\text{ }^\circ\text{C}$). Рівняння хімічних реакцій процесів ХОП з утворенням карбідів, нітридів та оксидів в загальному вигляді мають наступний вигляд:

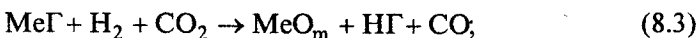
– реакція утворення карбідів:



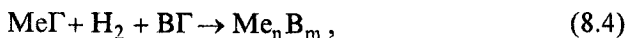
– реакція утворення нітридів:



– реакція утворення оксидів:



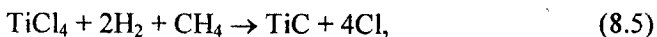
– реакція утворення боридів:



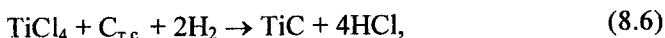
де Me – метал; Γ – галоген; m, n – цілі числа.

Найбільше розповсюдження як покриття на твердих сплавах одержали карбіди, нітриди, карбонітриди титану та оксид алюмінію.

Для випадку одержання карбіду титану з врахуванням структур твердого сплаву при формуванні покриття формула (8.1) набуває вигляду:

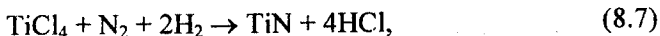


а для одержання алюмінію Al_2O_3 :

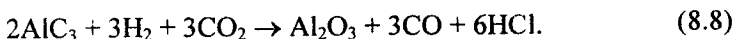


де $\text{C}_{\text{т.с.}}$ – вуглець, екстракційований з твердого сплаву.

Для випадку одержання нітриду титану формула (8.7) має вигляд:



а для одержання оксиду алюмінію Al_2O_3 :

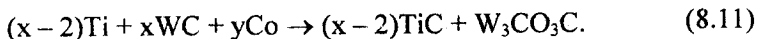


Хімічні реакції утворення карбонітриду титану з врахуванням участі структур твердого сплаву мають наступний вигляд:



Якість, властивість та структура покриття значною мірою залежать від параметрів газофазного осадження. Найбільш суттєву роль відіграє температура на межі розділу конденсату та інструментального матеріалу. Від температури залежить структура покриття, міцність його адгезії з твердим сплавом. Крім того, взаємна дифузія підвищує міцність зчеплення покриття та твердого сплаву і, в свою чергу, залежить від кристалохімічної спорідненості покриття, що осаджується, і твердого сплаву.

Проте, якщо на межі покриття – твердий сплав за рахунок екстракції елементу з твердого сплаву (вуглець, кисень та ін.) утворюються стійкі з'єднання типу $\text{W}_2\text{COO}_3\text{C}$ (η -фаза), міцність зчеплення покриття та твердого сплаву знижується:



На властивості та параметри покриття (мікротвердість, товщину, фазовий склад, структуру) впливають концентрації реагентів парогазової суміші та швидкість її подачі, вихідна частота компонентів суміші.

Особливо шкідлива присутність активних реагентів типу O_2 , H_2O , N_2 , які роблять покриття крихкими, знижують міцність адгезії з твердим сплавом, різко змінюють фізико-механічні та теплофізичні властивості покриття.

Тому до чистоти вихідних компонентів газової суміші пред'являються підвищені вимоги.

Водень в реакціях (8.5)–(8.10) є не тільки відновлювачем $TiCl$ до нижніх хлоридів, але і газом-носієм, як і N_2 в реакції (8.9). Існують протиріччя в трактуванні механізму реакції (2.5) та ролі водню. Зокрема, одні дослідники водню відводять роль відновлювача $TiCl$ до металевого титану, а інші вважають, що водень здатний відновлювати $TiCl$ тільки до нижніх хлоридів $TiCl_3$ та $TiCl_2$. Такі протиріччя не дозволяють достовірно уявити механізми формування покриттів методом ХОП. Між іншим, надзвичайно важливо знати, як формується покриття адсорбцією, дифузиею вуглецю в титанове покриття чи хемосорбцією з утворенням тугоплавкого з'єднання (наприклад, карбіди титану безпосередньо на робочих поверхнях інструмента). Найбільш вірогідний інтегральний механізм формування покриття, який включає обидва процеси.

Принципова схема установки для нанесення покриттів з карбіду титану методом ХОП показана на рис. 8.4.

Перспективним є покриття окисом алюмінію. Шар Al_2O_3 , що перешкоджає дифузії, можна наносити безпосередньо на твердий сплав, а потім на нього – зносостійкі шари TiC , TiN , $TiCN$. Режим нанесення покриттів при тиску 6,56 МПа наступний: в потоці (40 л/хв) суміші 92,5 % H_2 , 3 % $AlCl_3$ та 4,5 % CO_2 при 1027 °С осаджують за 15 хвилин шар Al_2O_3 . Далі в потоці суміші (80 л/хв) 88 % H_2 , 5 % $TiCl$ та 7 % CH_4 за 150 хвилин осаджують шар TiC . Тиск зменшують до 13,3 кПа в потоці суміші (70 л/хв) 90 % H_2 , 4 % $AlCl$ та 6 % CO_2 за 120 хвилин осаджують шар Al_2O_3 . Для формування шарів TiN та $TiCN$ в суміш вводять N_2 . Зносостійкість твердосплавного

інструмента з багат шаровими покриттями значно вища, ніж з одношаровим покриттям.

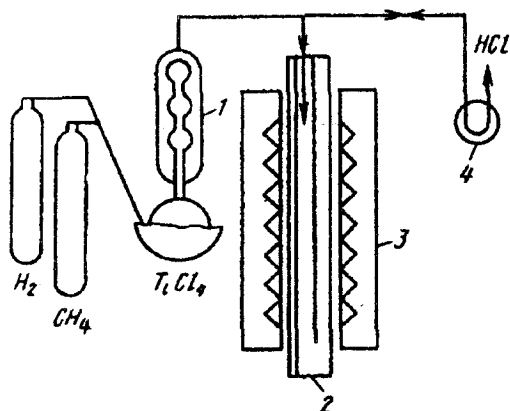


Рис. 8.4. Принципова схема установки для нанесення покриття високотемпературним методом хімічного осадження парів (ХОП): 1 – газозмішувач; 2 – реакто; 3 – піч; 4 – пристрій для видалення залишків реакції

Використовують декілька методів ХОП для нанесення покриттів на багатогранні твёрдосплавні пластини.

До цих методів відноситься газотермічний метод, ліцензовані технології шведської фірми "Сандвік Каромант" (технологія GC) та австрійської фірми "Гланзее" (технологія GM) і методи інших фірм.

Хімічні механізми реакцій кожного з методів відповідають загальним уявленням про процеси ХОП і відрізняються конструкціями установок та технологією осадження покриттів.

Різновидом методу ХОП є вакуумне титанування. Для виробництва твёрдосплавних пластин з покриттям використовують і методи теродифузійного насичення (ТДН), до яких відноситься метод ДТ.

Метод ДТ базується на термообробці твёрдосплавних пластин в спеціальній порошоківій засипці з матеріалів, які містять титан, при температурах, достатніх для реалізації дифу-

зійних реакцій в середовищі водню. Метод не потребує спеціального обладнання, оскільки здійснюється в стандартних водневих електропечах безперервної дії, не потребує дозування та очистки газу – відновлювача, і характеризується великою продуктивністю. Проте недоліками методу є налипання порошкової солі на робочі поверхні інструмента та необхідність герметизації контейнера.

Методи фізичного осадження покриттів (ФОП).

Методи ФОП (OVD) базуються на випарюванні речовини у вакуумному просторі камері з подачею реакційного газу (N_2 , O_2 , CH_4 та ін.). Відмінність методів ФОП полягає в принципах фізичного випаровування речовини різного ступеня іонізації пароіонного потоку, конструктивних особливостей установок. Серед методів ФОП найбільше розповсюдження одержали: конденсація речовини із плазмової фази у вакуумі з іонним бомбардуванням (Метод КІБ) та його різновид $J_{ip} V_{jns}$ (фірма MABC, США), магнітоіонне розпилення (MIP), яке використовує фірма "Бальцерс" (Швеція) та його різновид магнітронно-іонне реактивне розпилення – MIPP; іонне планування та його різновидність – метод APE, розроблений в Каліфорнійському університеті США, а також іонно-термічне напилення та нанесення покриттів з плазми з гарячим катодом.

Широкі можливості варіювання температурою в зонах нанесення покриттів дозволяють використовувати методи ФОП як універсальні для нанесення покриттів на різальний інструмент із швидкорізальної сталі та твердих сплавів.

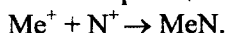
Методи ФОП також універсальні і з точки зору одержання багат шарових і композиційних покриттів на основі нітридів, карбідів, карбонітридів, оксидів, боридів тугоплавких металів IV–V груп періодичної таблиці.

Деякі характеристики процесів ФОП та параметри установок для їх реалізації наведені в табл. 8.1.

Метод КІБ ґрунтується на генерації речовини катодною плямою вакуумної дуги: сильно точного, низьковольтного розряду, розвивається виключно в парах катода.

Подача у вакуумний простір реагуючих газів (азоту, метану та ін.) в умовах іонного бомбардування призводить до конденсації покриття на робочих поверхнях інструмента завдяки

протіканню плазмо-хімічних реакцій [1, 18, 19]. Щодо утворення нітридів, то плазмомеханічна реакція має вигляд:



Всі процеси випарювання, плазмохімічних реакцій іонного бомбардування та конденсації покриття відбуваються у вакуумній камері, металічний корпус якої служить анодом (рис. 8.5).

Таблиця 8.1

Характеристика	Магнітронно-іонне реактивне розпилення (MIRR)	Іонне плакування	Магнітронно-іонне розпилення (MIP)	Іонно-термічне напilenня	Нанесення покриття із плазми з гарячим катодом	Метод КІБ	
						З плазми з холодним катодом	За допомогою плазмових прискорювачів
Швидкість нанесення покриття	0,5–20	0,03–1	0,5–2	0,5–2	0,5–2	0,5–2	0,5–2
Товщина покриття, мкм	2–200	1–5	2–200	2–200	2–100	2–2000	2–2000
Діапазон температур, °С	250–800	250	250–500	250–500	250–400	200–800	200–800
Максимальна міцність установки, кВт	5–300	5–100	5–200	5–500	5–7	5–40	2–40
Максимальні розміри поверхні нанесення, мм ²	100–500	50–400	50–400	50–400	50–400	50–400	50–40
Іонізація, %	2–10	1	1–20	2–30	2–30	До 90 %	До 90 %

Характерною особливістю методу КІБ є висока хімічна активність матеріалу, що випаровується та складається з іонізованого потоку низькотемпературної плазми. Конденсат в процесі осадження покриття піддається інтенсивному бомбардуванню іонами речовини, що випаровується, та призводить до його часткового розпилення та підвищення температури в зоні формування покриття. В результаті різко підвищується рухомість атомів на поверхні інструмента, відбувається активізація хімічної реакції між конденсатом і компонентами реакційної газової суміші. Ще однією особливістю процесу КІБ є можливість прискорювати іонний потік шляхом створення негативного заряду (відносно камери корпусу) на інструменті.

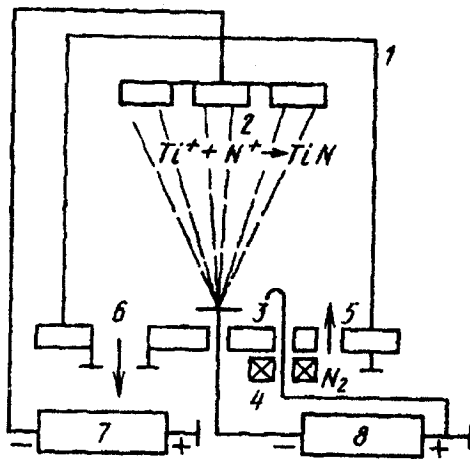


Рис. 8.5. Принципова схема вакуумно-плазмової установки для реалізації методу КІБ: 1 – корпус вакуумної камери; 2 – різальні інструменти; 3 – випарювальний прилад; 4 – електромагніти; 5 – прилад подачі реакційного газу; 6 – вакуумний насос, 7, 8 – джерела живлення

Висока щільність енергій в катодній плямі дозволяє випаровувати будь-які електропровідні матеріали, в тому числі тугоплавкі метали.

КІБ є сукупністю двох процесів: іонного бомбардування та конденсації покриття, що протікають послідовно.

Для досягнення великих щільностей іонного потоку в деяких варіантах установок використовують спеціальні плазمو-оптичні пристрої, які називаються холовськими ерозійно-плазмовими прискорювачами. Прискорювачі дозволяють ефективно керувати як швидкістю, так і плазмово-фізичними характеристиками іонного потоку. Енергія іонів визначається атомною будовою елемента, що випаровується, значенням прискорюючої напруги на інструменті $V_{i,0}$, кратністю заряду іонів: $E_i = E_0 + Z \cdot V_{i,0}$, де E_i – енергія іона в катодній плямі; Z – заряд іонів, який з врахуванням часу впливу енергії іонів E_i визначає температуру на робочих поверхнях інструмента, величина якої надто важлива з точки зору створення необхідного рівня термічного активування поверхонь інструмента перед нанесенням покриття та сприятливого протікання плазмово-хімічних реакцій. З врахуванням ефекту направленості плазмового потоку в процесі іонного бомбардування та конденсації покриття необхідно також враховувати положення робочих поверхонь інструмента відносно цього потоку.

На сьогодні в Україні та СНД використовуються декілька модифікацій вакуумно-плазмових установок на основі технології КІБ (табл. 8.2).

Пріоритети в розробці обладнання та технології ГІБ належить Україні, Українському фізико-технічному інституту (м. Харків).

Незалежно від принципу роботи установок механізм утворення покриття можна уявляти так.

Атоми речовини, що покинули поверхню випарника, прямують до підкладки зі швидкістю порядку сотень тисяч метрів у секунду. При зіткненні з підкладкою атом передає їй частину енергії, яка тим менша, чим вища температура підкладки. Маючи деякий надлишок енергії атом речовини деякий час перебуває по поверхні підкладки, втрачаючи поступово енергію і прямуючи до теплової рівноваги з підкладкою, тобто переходить в адсорбований стан.

Таблиця 8.2

Установка	v_H нм/с	τ_H , $\times 10^{-2}$ с	t_B , °С	n , шт.	Розміри камери, мм		N_y , кВт
					D_k	H_k	
"Пуск 79-1"	1,3–1,6	1,2–1,6	330– 800	1	360	450	40
"Пуск-83"	1,3–1,6	–	330– 800	1	200x300x400		15
"Булат 3Т"	1,2	10,5	300– 800	3	900	500	60
"Булат 6"	8–10	10,8	300– 800	3	–	–	–
НН6-6.И1	3–9	–	300– 800	3	600	600	–

Позначення: v_H – швидкість нанесення покриття; τ_H – повний час процесу; t_B – температура виробу; n – кількість випарників; H_k , D_k – довжина та діаметр камери; N_y – міцність установки.

При стиканні атомів утворюються атомні групи, які більш стійкі до повторного випарювання, оскільки кінетична енергія атомів частково переходить в потенційну енергію зв'язку. Така група може стати зародком плівки, якщо її розмір перевищує деяке критичне значення, при якому ймовірність конденсації (остаточне закріплення на підкладці) перевищує ймовірність розпаду групи на атоми.

Подальший ріст зародка здійснюється за рахунок приєднання до них знову адсорбованих атомів, а також за рахунок безпосередньо до осадження атомів на поверхні зародка. Розростаючись, окремі островки зародка зливаються, поступово утворюючи суцільну плівку. На завершальному етапі, коли сформована суцільна плівка, її ріст носить відносно однорідний характер.

Для швидкорізного інструменту можливість варіювання технологічними параметрами синтезу обмежується необхідністю підтримки вузького діапазону температур нагрівання підкладки при іонному очищенні та осадженні покриттів від 500 до 550 °С. Такий інтервал робочих температур забезпечує як надійне зчеплення покриття з підкладкою, так і запобігає її термічному зміцненню.

На рис. 8.6 наведена схема впливу основних технологічних параметрів процесу КІВ на якісні характеристики напиленого швидкохідного інструменту.

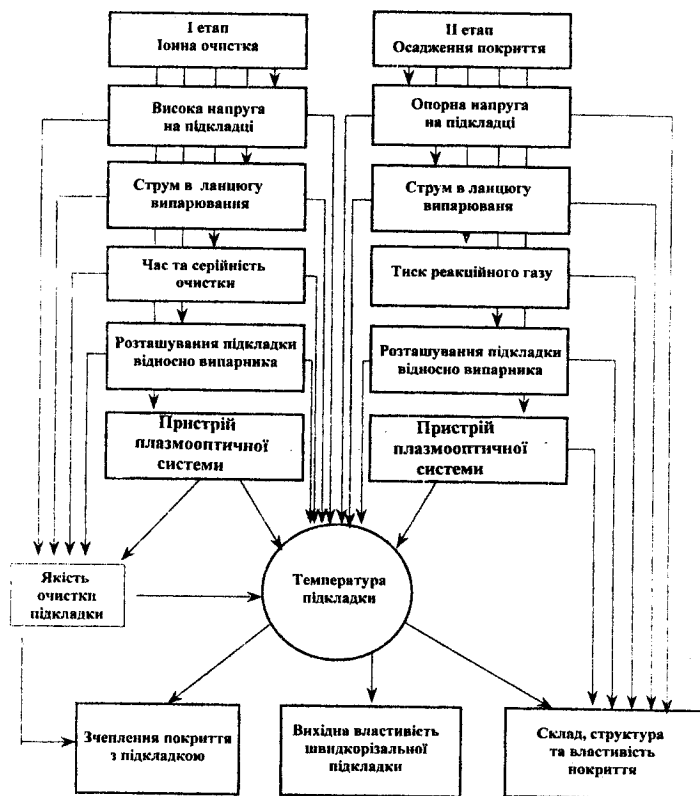


Рис. 8.6. Схема впливу параметрів процесу нанесення зносостійких покриттів на якісні характеристики напиленого швидкохідного інструменту

Для твердосплавного інструменту з покриттям його максимальна стійкість відповідає температурі синтезу покриття близько 800 °С. При менших температурах спостерігається тенденція до відшарування покриття, а при температурах 100–1200 °С – до їх руйнування.

Покриття, нанесені методами ФОП, характеризуються наступними позитивними властивостями:

1. Вони перешкоджають утворенню обезводненої зони в поверхневому шарі швидкорізальних сталей та зменшенню окислення твердих сплавів при нагріванні аж до 1200 °С.

2. Покриття TiN, ZrN, Mo₂N збільшують середнє значення міцності дрібнозернистих твердих сплавів BK6M, BK60M, BK10M на 10–15 %.

3. Всі види покриттів зменшують вплив термоциклічних навантажень на міцність твердих сплавів та збільшують ударно-циклічну міцність.

4. Покриття змінюють характер зношування інструмента: зменшується локальне мікрОВикришування різальних кромок, відсутні сколи, утворення тріщин, практично відсутній процес утворення лунок.

5. Покриття TiN забезпечує підвищення стійкості інструмента на всіх режимах обробки. Інструменти зі зносостійкими покриттями ефективно використовуються для обробки високолегованих сталей, легованих та високоміцних чавунів, кольорових металів і сплавів, титанових сплавів тощо, важкооброблюваних матеріалів, в тому числі при важких умовах обробки.

Серед інших методів підвищення зносостійкості різального інструмента необхідно відмітити метод електролітичного покриття хромом, який давно використовується. Твердому хромуванню піддаються свердла, розвертки, мітчики, плашки, зубонарізні різці, протяжки, довбачі тощо. Хромування підвищує твердість та зносостійкість інструмента, зменшує тертя по задніх поверхнях і значно зменшує налипання матеріалу, що обробляється. Стійкість різального інструмента під час хромування збільшується. Товщина шару хрому встановлюється в межах від 2–3 до 30 мкм. Сполуки хромових електролітів для зносостійкого хромування містять хромовий ангідрид (CrO₃), який у воді знаходиться у вигляді хромової кислоти (H₂CrO₄), і сірчану кислоту (H₂SO₄). Процес хромування здійснюється при проходженні постійного струму через ванну між нерозчинним анодом, зокрема, зі сплаву свинець–сурма) та покриваючим інструментом – катодом.

Інструменти хромують після звичайної термічної обробки з повільним відпуском для знімання внутрішніх напруг.

Технологічні операції нанесення хромових покриттів на інструмент включає: промивання інструмента в розчиннику, протирання, монтаж на підвишування та ізоляцію, електричне обезводнення, промивання в гарячій та холодній воді, декапірування струмом та хромування.

Режими хромування та декапірування визначаються для кожного інструмента окремо. Зокрема, для хромування різального інструмента щільність струму встановлюють від 20 до 35 А/дм² при температурі 50–60 °С.

При хромуванні металевий хром поглинає багато водню, який є причиною підвищення крихкості та значних внутрішніх напруг. Водень видаляється шляхом підігрівання хромованого інструмента в киплячій воді, в маслі ($t = 140\text{--}190$ °С) або в селітровій ванні ($t = 275\text{--}290$ °С) протягом 2–4 годин.

8.3. Методи зміцнення з використанням джерела концентрованих енергій

Електроіскрові зміцнення. Суть електроіскрового зміцнення інструмента полягає в тому, що при іскровому розряді відбувається переважне руйнування матеріалу анода (електрода) та перенесення продуктів ерозії на катод (інструмент). При цьому на інструменті виникає зміцнений шар, який добре зчеплений з основою і характеризується підвищеною твердістю та зносостійкістю, що підвищує стійкість інструмента. На установці для електроіскрового зміцнення інструмента періодичний контакт поверхні та електрода, що обробляється, забезпечується вібрацією електрода. В момент переривання контакту проскакує іскра.

Вібратор має вигляд електромагнітного механізму, поміщений в пластмасовий корпус з держакром, і складається з магнітної котушки та якоря, який закріплений на плоскій пружині. При проходженні змінного струму через котушку вібратор збуджує механічні коливання якоря, що несе електрод зміцнення. Живлення від однофазової мережі змінного струму

дозволяє одержати частоти коливань вібратора 50 та 100 Гц. Для одержання великої частоти вібрації живлення вібратора здійснюється від трифазної мережі змінного струму промислової частоти. Розширення частотного діапазону вібрації електрода дозволяє підвищити продуктивність електроіскрового зміцнення та зменшити шорсткість поверхні, яка обробляється. Поверхні інструмента, які зміцнюються, наведені в табл. 8.3. Електроіскровому зміцненню піддають поверхню інструмента шириною близько 3 мм.

Таблиця 8.3

Поверхні інструментів, що піддаються електроіскровому зміцненню

Найменування інструмента	Поверхні зміцнення
Різці прохідні, підрізні, розточувальні, відрізні	Передня та задня поверхні
Різці фасонні	Передня поверхня
Свердла спіральні	Задня поверхня та поверхня поперечної кромки
Фрези з гострокінцевим зубом	Передня поверхня
Протяжки внутрішні	Задня поверхня різальних зубів
Зуборізні довбачі	Передня поверхня

Електроди для електроіскрового зміцнення різального інструмента найчастіше виготовляють з твердих сплавів марок Т15К6, Т30К4, а також з графіту марок ЕГ2 та ЕГ4. Рідше для виготовлення електродів використовуються тверді сплави марок ВК3, ВК3М, ВК6, ВК6М та ін. Електроди мають форму циліндричних стрижнів $\varnothing 5\text{--}6$ мм. Робоча частина електродів виконується у вигляді зрізаного конуса з діаметром на робочому кінці від 1,5 до 3 мм.

Електрод розміщують перпендикулярно до поверхні, яка зміцнюється, і плавно переміщують зі швидкістю 15–20 мм/хв вздовж різальної кромки. Щоб уникнути оплавлення кромки, електрод повинен знаходитися від неї на відстані 0,2...0,3 мм.

Інструмент для чорнової обробки зміцнюється твердим сплавом на грубих режимах з ємністю до 200 мкФ та струмом короткого замикання до 4 А. Інструмент для напівчистої обробки зміцнюється твердим сплавом на середніх режимах з

ємністю 50–100 мкФ, а струмом короткого замикання 1,5–2 А. При зміцненні твердим сплавом інструмента для чистової обробки встановлюються м'які режими з ємністю 30 мкФ та струмом короткого замикання 0,5 А.

При зміцненні чистового інструмента графітом ємність встановлюється не більше 30 мкФ, а струм короткого замикання 0,5–0,8 А. При такому режимі шорсткість зміцненої поверхні збільшується несуттєво.

Величина напруги приймається в межах від 50 до 220 В в залежності від виду інструмента, який зміцнюється, та допустимих режимів електроіскрової обробки.

Зміцнення інструментів за допомогою лазерного випромінювання. За допомогою лазерного випромінювання зміцнюються інструменти з вуглецевих, легованих та швидкорізальних інструментальних сталей. Метод заснований на використанні явища високошвидкісного розігрівання металу зі швидкістю 10^6 – 10^8 °C/c під дією лазерного променя та швидкого охолодження зі швидкістю 10^6 °C/c, що приблизно у 10^3 разів більше швидкості охолодження при звичайному загартовуванні. Високі швидкості нагрівання та охолодження призводять до утворення структури, що характеризується подрібненим зерном, високою твердістю. Температура нагрівання матеріалу залежить, перш за все, від щільності потужності лазерного випромінювання та тривалості його впливу. Процес зміцнення поверхневого шару в результаті структурних перетворень реалізується при порівняно низькій щільності потужності випромінювання лазера (до 10^3 – 10^5 Вт/см²), величина якої залежить від тривалості впливу імпульсу на поверхню зміцнення. Максимальний діаметр світлової лазерної плями на поверхні, що обробляється, складає 3–5 мм. Якщо зона, що піддається зміцненню має більшу площу, ніж зона термічного впливу лазера, то наносять необхідне число плям або доріжок.

При використанні безперервного лазерного випромінювання необхідна форма або контур обробленої поверхні найчастіше досягається шляхом переміщення деталі відносно променя за заданою програмою. Тому для здійснення процесу, який розглядається, необхідно мати не тільки лазер, але й техноло-

гічну установку для забезпечення чітко регульованих технологічних переміщень інструмента, що обробляється, відносно променя лазера.

В нашій державі використовуються різні установки з газовими лазерами безперервної дії, а також твердосплавні лазерні установки. Зміцнюються за допомогою лазерного випромінювання свердла, розвертки, мітчики, фрези та інші інструменти.

8.4. Вібродеформаційне зміцнення інструмента

Методи вібродеформаційного зміцнення. Обкатка роликком, чеканка, дробоструминна обробка, об'ємна вібраційна обробка. Найширше цей метод використовується для зміцнення твердосплавного інструмента у порівнянні із швидкорізальним.

Ефективним методом зміцнення є дробоструминна обробка твердосплавного інструмента. Діаметр дробу береться не більше 0,3–0,5 мм. Швидкість дробу залежить від тиску повітря, яке не повинно перевищувати 0,4 МПа. Відстань від сопла до поверхні, що обробляється, коливається від 100 до 250 мм. В міру збільшення вмісту титану у твердому сплаві відстань від сопла до поверхні, що зміцнюється, збільшується. Дробоструминна обробка проводиться по передній та задній поверхні інструмента.

Більш високий ступінь деформації та зменшення шорсткості обробленої поверхні забезпечує об'ємна вібраційна обробка, яка здійснюється в камері абразивними або металевими гранулами. Схема однієї з установок для вібраційної обробки наведена на рис. 8.7. Від віброуючої камери гранулам передається коливальний рух. Оброблюваний інструмент коливається разом з гранулами, які наносять мікроудари по його поверхні.

Установка забезпечує зміну амплітуди вібрацій в межах від 0 до 4 мм; частота коливань за хвилину – 1500. Робоча камера 1, встановлена на амортизаторах 3, забезпечена інерційним вібратором 5, де використано принцип неврівноважених відцентрових сил. Завантаження її здійснюється за допомогою заван-

тажувального пристрою 2. Відділення абразивної маси від інструмента виконується за допомогою решета 4.

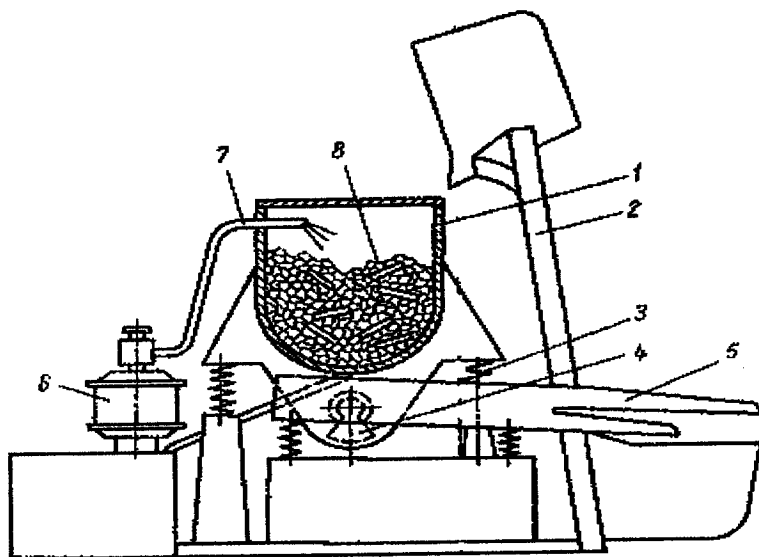


Рис. 8.7. Схема установки для вібраційної обробки інструмента:
1 – камера; 2 – пристрій для завантаження; 3 – амортизатор;
4 – решето; 5 – вібратор; 6 – система подачі рідини; 7 – трубопровід;
8 – гранули та інструмент для зміцнення

Висока продуктивність обробки досягається при використанні як гранул подрібнених шліфувальних кругів із зеленого карбіду кремнію та електрокорунду.

Вібраційна обробка забезпечує видалення задирок, заокруглення гострих кромки, очищення поверхні та зміцнення тонкого поверхневого шару інструмента. Стійкість твердосплавного інструмента в результаті вібраційної обробки збільшується більш ніж у два рази.

Обов'язковою умовою віброабразивної обробки є використання безперервного промивання робочої камери. Без промивання процес протікає тільки в початковий момент, а далі

поверхня гранул покривається плівкою з продуктів зношування і обробка припиняється.

Найбільш доцільним використанням вібраційної обробки є зміцнення дрібного інструмента та пластин, які не переточуються. Для зміцнення інструмента великих та середніх розмірів рекомендується дробострумінна обробка, інколи в поєднанні з вібраційною обробкою.

Контрольні запитання

1. Назвіть методи поліпшення якості поверхневого шару різального інструмента.
2. Дайте характеристику процесу іонного азотування інструмента.
3. Назвіть склад ванни для карбонізації інструмента.
4. В чому полягає процес карбонізації інструмента?
5. В чому полягає процес плазмового напилювання покриттів?
6. В чому полягає процес детонаційного напилювання покриттів?
7. Дайте характеристику процесу хімічного оснащення з газової фази.
8. Дайте характеристику процесу РЕП.
9. Дайте характеристику процесу АРЕ.
10. Дайте характеристику процесу КІБ.
11. Дайте характеристику процесу електроіскрового зміцнення.
12. Дайте характеристику процесу зміцнення лазерним випромінюванням.
13. Дайте характеристику процесу вібрордеформаційного зміцнення.

Глава 9

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

9.1. Особливості сучасного автоматизованого виробництва

Сучасне виробництво з високим ступенем автоматизації може бути визначене як комп'ютерно-інтегроване, що об'єднує всі процеси, необхідні для проектування та виготовлення заданої номенклатури виробів.

Одним з найважливіших досягнень сучасного машинобудування є розробка та промислове освоєння гнучких виробничих систем (ГВС). Вони є перспективним та основним напрямком автоматизації галузей машинобудування з серійним та дрібносерійним виробництвом [1].

За організаційними ознаками виділяють ГВС трьох видів: гнучку автоматизовану лінію (ГАД), гнучку автоматизовану дільницю (ГАД), гнучкий автоматизований цех (ГАЦ).

В останній час область раціонального використання ГВС розповсюджується як в сторону одиничного виробництва, так і масового. Проте, одні і ті ж ГВС не можуть ефективно використовуватись в різних умовах виробництва і технічні вирішення для одиничного, серійного та масового виробництва повинні бути різними. Разом з тим, у всіх випадках зберігаються характерні особливості ГВС: гнучкість об'єднання окремих технологічних агрегатів завдяки транспортним та інформаційним зв'язкам, широке використання ЕОМ для керування виробничими і технологічними процесами на всіх рівнях.

Досвід експлуатації ГВС показав, що забезпечити їх максимальну ефективність можна тільки у випадку, якщо технічному проектуванню передують глибокі технологічні розробки, які повинні відповідати принципово новому рівню технології ГВС.

Технологічні принципи ГВС включають в себе: “безлюдну технологію”, “безлюдне виробництво”, малоопераційну технологію, групову технологію, переналагоджувальну технологію,

завершеність, безналагоджувальну технологію, інформаційну технологію, інформаційну забезпеченість, активно-керуючу технологію, оптимальність, інтеграцію, безпаперову технологію [2].

“Безлюдна технологія” забезпечує автоматичну роботу ГВС при виконанні основних операцій технологічного процесу, а “безлюдне виробництво” – в межах всього виробничого процесу.

Принцип малоопераційної технології полягає у формуванні технологічних процесів з максимально можливим укрупненням операцій, мінімальним числом установок в операції.

Групова технологія передбачає спільне виготовлення в одній ГВС (без переналагодження) групи виробів, об'єднаних загальними проектними рішеннями при технологічній підготовці виробництва.

Переналагоджувальна технологія забезпечує можливість автоматизованої зміни технологічного процесу при його оптимізації за заданим критерієм в заданому інтервалі часі.

Принцип завершеності передбачає виконання всіх операцій технологічного процесу в рамках однієї ГВС.

Безналагоджувальна технологія досягається розробкою технологічних процесів, що не вимагають проведення налагоджувальних операцій на робочих позиціях.

Максимально можливе використання ЕОМ для підготовки і керування технологічними процесами, передача більшості функцій керування, обробки інформації та прийняття рішень засобами програмно-апаратної реалізації є основною інформаційної технології.

Принцип інформаційної забезпеченості полягає в забезпеченні кожного технологічного процесу засобам контролю, діагностування, передачі та перетворення інформації для організації автоматичного контролю та керування процесом.

Активно керуюча технологія передбачає організацію керування технологічним процесом та корекцію проектних рішень (включаючи бази даних) на основі робочої інформації про процеси.

Прийняття рішень на кожному етапі технологічної підготовки виробництва та керування на основі єдиного критерію оптимальності обумовлює принцип оптимальності.

Принцип інтеграції передбачає об'єднання систем технологічної підготовки виробництва в єдину, автоматично діючу систему.

Зберігання, передача, обробка та використання інформації в кодовому вигляді з метою повного забезпечення функціонування ГВС визначається принципом безпаперової документації.

Однією із найскладніших задач є забезпечення "безлюдності". Близька до неї і задача створення безналагоджувальної технології.

Вирішення цих задач, від яких залежить ефективна робота ГВС, пов'язане з великими труднощами, а їх реалізація базується на новітніх технологічних розробках при максимальному використанні можливостей технічних засобів ГВС.

Одним з основних шляхів є стабілізація відхилення технологічних параметрів ГВС наступними способами: розробкою та вдосконаленням технологічних процесів одержання заготовок та інструмента зі стабільними технічними характеристиками; зменшенням параметрів обладнання та оснащення тощо.

Проте забезпечити технологічну надійність ГВС та інших автоматизованих систем і устаткувань тільки такими способами неможливо. Це може бути досягнуто розробкою нових методів проектування технологічних процесів і керування ними. При відсутності контролю зі сторони операторів в основі цих методів повинна лежати інформаційна забезпеченість, що в першу чергу, пов'язано з системами активного контролю та широкою діагностикою робочого інструмента на всіх етапах його використання.

В даний час для контролю стану процесів обробки у виробничих умовах традиційно використовують лише силові параметри процесів, температуру в зоні різання, низькочастотні вібрації, хоча перспективні також оптичні, акустичні, електромагнітні та електроємісійні методи. Проте рівень теоретичних та експериментальних досліджень в цих галузях дозволяє оцінювати, як правило, окремі (в основному, геометричні та силові) параметри процесів у вузькому діапазоні зміни умов. Не існує поки що технологічного обґрунтування необхідності сукупності контролюючих параметрів обробки широкої номенклатури

виробів, ще слабо досліджені фізична природа хвильових, акустичних, електромагнітних та інших процесів, які виникають при різанні, не освоєне серійне виробництво датчиків технологічних параметрів.

Для оцінки стану та діагностування такого складного процесу, як обробка різанням, необхідне створення інтегрованих методів оцінки стану процесів, що дозволяють фіксувати динаміку розвитку за допомогою ЕОМ. Дослідження показали, що в цьому випадку, як і при посередньому контролі технологічних параметрів, можна підвищити достовірність вимірювань за допомогою багатопараметричного контролю з наступною оптимізацією. Наявність в ГВС керуючого обчислювального комплексу дозволяє забезпечити такий метод контролю, проте виявлення при цьому кореляційних зв'язків значно ускладнюється тим, що варіювати можуть не тільки параметри, але й склад інформації, яка використовується, і алгоритми її обробки.

Інформаційна забезпеченість є першим кроком утворенні активно керуючого технології ГВС, в якій проектування та керування технологічними процесами базуються не тільки на вихідній, але й на інформації, що безпосередньо одержують в процесі експлуатації. Остання є основою утворення контрольно-блокуючих, адаптивних та інших інформаційних систем керування.

Подібні системи розроблялися і раніше для звичайних верстатів з ЧПК, але не отримали широкого розвитку внаслідок їх недостатньої гнучкості (пов'язаної з апаратними принципами реалізації), малої ефективності в умовах багатомономенклатурного виробництва і недостатньою технічною (головним чином, інформаційною) забезпеченістю. В ГВС їх ефективність суттєво вища, оскільки час робочих процесів стає переважним у виробничому циклі виготовлення виробів.

Крім безпосереднього підвищення економічних показників, такі інформаційні системи дозволяють підвищити надійність керування технологічними процесами в умовах "безлюдної технології". Ці системи базуються на програмно-апаратних принципах, що спрощує їх технічну реалізацію та забезпечує необхідну пристосованість до змін в широкому діапазоні умов виробництва.

В інформаційних системах технологічне рішення тісно пов'язане з динамічними характеристиками, які, в свою чергу, впливають на технологічні можливості обладнання. В загальному випадку інформаційні системи ГВС характеризуються змінною структурою, а їх адекватні математичні моделі, є стохастичними, суттєво нелінійними і дискретними. Динаміка таких систем тільки починає досліджуватися.

Новим в управлінні ГВС є підвищення діючого коректуючого зворотного зв'язку прийнятих проектних рішень за результатами реалізованого технологічного процесу. Коректуватися можуть як технологічні параметри, що формуються на етапі керування, так і вихідні параметри етапу технологічної підготовки, зокрема вміст бази даних.

Коректування властиве і традиційним виробничим системам, проте воно здійснюється при обов'язковій участі людини, об'єм інформації, яку отримують при цьому, звичайно недостатній, а рішення носять суб'єктивний характер. У ГВС коректування здійснюється в режимі безпосередньої передачі інформації, а її обробка та прийняття рішень базуються на оптимальних алгоритмах керування. Це дозволяє використовувати робочу інформацію, що поступає при виконанні виробничих процесів, для створення самонавчальних ГВС та сприяє підвищенню їх технологічної надійності. Але для реалізації таких самонавчальних систем необхідні обґрунтування методів та алгоритмів статистичної обробки інформації, яку отримують, оцінка рівня її надійності, створення відповідного програмно-математичного забезпечення.

Технічні можливості ГВС дозволяють створити єдину інтегровану систему технологічної підготовки та керування виробничими процесами, а в подальшому – і проектування виробів, яка організована на загальній методичній основі, об'єднана загальними інформаційними каналами та обслуговує систему взаємозв'язаних ЕОМ. Методичною основою такої системи може служити принцип з великим рівнем оптимізації, який передбачає одержання рішень на кожному етапі керування на основі деякого окремого критерію оптимальності, що витікає із загального критерію та не заперечує йому. В принципі, такий метод справедливий і для традиційних виробничих систем.

Проте, оскільки для них відсутні достатньо повні математичні моделі технологічного процесу, робоча інформація про його протікання, а також засоби, що забезпечують можливість аналізу цих моделей, вказаний метод практично не реалізується.

Оптимізація основного технологічного процесу забезпечує значний приріст ефективності ГВС. Вона досягається пошуком кращих рішень технологічних задач на всіх рівнях і етапах підготовки виробництва. Цьому сприяє автоматизація систем технологічної підготовки і керування, яка дозволяє виробляти найбільш ефективне, однозначне і взаємоузгоджене рішення технологічних задач на основі принципу оптимальності.

Створення інтегрованих систем вимагає подальшого розвитку теорії оптимальності технологічних процесів та її технічної програмної реалізації придатності до ГВС. Вхідними даними інтегрованої системи є отримання на попередніх етапах технологічної підготовки даних відомостей про зміст операції, ідентифікатори деталей і заготовок, а також розміри їх партій. Інформація довідників для вибору оснастки, розрахунок траєкторії руху інструмента, режимів обробки зберігається в базі технологічних даних. Для підвищення надійності проектування використовуються типові рішення, вхідний контроль та корекція змісту бази даних.

Застосування вхідного контролю обладнання, заготовок, інструмента дозволяє зберігати в базі даних конкретні характеристики кожної одиниці обладнання, уточнювати розрахункові параметри та зменшувати їх ймовірне розкидання, не пропускати на позиції обробки інструмент і заготовки, які не задовольняють заданим вимогам. Частина даних, що були отримані під час вхідного контролю (в основному тих, що часто змінюються), можна використовувати для організації адаптивного керування.

В умовах багатонаменклатурних ГВС основними повинні стати експрес-методи вхідного контролю, що дозволяють отримати інформацію про розрахункові характеристики заготовок та інструментів шляхом короткочасних досліджень. Дослідження останніх років показують, що велику інформацію для цих цілей дають електрорушійна сила (ЕРС) різання, сигнали акустичної емісії та електромагнітного випромінювання. Необхідно зв'язати фізичні та технологічні параметри процесів обробки,

підвищити точність шляхом організації багатопараметричного контролю, розробити алгоритмічне та програмне забезпечення систем контролю, створити спеціальні стенди дослідження.

Значним резервом підвищення технологічної надійності ГВС є уточнення розрахункових параметрів на основі статистичної обробки інформації, яку одержують при виконанні технологічних процесів.

Поряд з розробкою нових методів проектування технологічних процесів і керування ними, ефективність використання ГВС великою тримірною визначається принципом завершеності. В теперішній час отримали розповсюдження ГВС на основі однотипового обладнання (наприклад, багатоцільові верстати типу ИС 500, ИС 800). На них виконується тільки 40–60 % обсягу робіт по виготовленню закріпленої за ГВС номенклатури виробів. Використання позациклових операцій для заготівельних, завершальних, контрольних, термічних операцій перериває автоматичний цикл виробництва і зменшує економічну ефективність ГВС. Особливо чітко виражено це в інструментальному виробництві.

Для реалізації принципу завершеності необхідно розширювати склад обладнання, що вмонтовується у ГВС. Так, наприклад, при виготовленні інструмента, де є в технологічному процесі проміжні операції термічної обробки та заточування, може бути доцільним включення до складу ГВС відповідного спеціального обладнання, продуктивність якого відповідає вимогам ГВС.

Розробка нових уніфікованих методів обробки та контролю виробів, наприклад, лазерних еліонних, літографічних технологій та обладнання на їх базі дозволяє дотримуватися принципу завершеності з найбільшою повнотою.

Аналіз технологічних принципів побудови ГВС показує, що:

- рівень технічних засобів автоматизації будь-якого виробництва, перш за все, залежить від методів та способів проектування технологічної підготовки виробництва;
- на даному етапі розвитку сучасне автоматизоване виробництво не повною мірою відповідає всій су-

купності технологічних принципів ГВС і характеризується автоматизацією групи та окремих операцій механічної обробки та збирання, а також спеціалізованим обладнанням, властивим тій або іншій галузі.

Таким чином, особливістю сучасного автоматизованого виробництва є нерозривний зв'язок рівнів розробки технологічного процесу та технологічних засобів автоматизації, які повинні розглядатися як єдина система. Ця система базується на використанні накопиченого досвіду відповідної галузі та останніх досягнень автоматизації.

Першочерговими технологічними задачами при проектуванні технологічних процесів є:

- розробка класифікаторів деталей елементів поверхонь, операцій та маршрутів обробки;
- розробка і типізація технологічних процесів обробки елементів поверхні;
- уніфікація технологічних переходів, позицій, установок, операцій;
- багатоваріантне проектування;
- оптимізація структури маршрутних та операційних процесів;
- розробка теоретичних основ оптимізації технологічних процесів.

Найбільш повне вирішення цих задач досягається при автоматизації проектування технологічних процесів.

Підвищення рівня засобів автоматизації визначається:

- розробкою методів стабілізації вхідних технологічних параметрів і методів інформаційного забезпечення операційних процесів;
- комплексною гнучкою автоматизацією основних операцій;
- адаптивними системами керування процесами, що реалізуються програмно;
- створенням засобів та методів інформаційного забезпечення допоміжних операцій;
- автоматизацією допоміжного обладнання та операцій переналагоджування;

- розширенням технологічних можливостей обладнання, технологічного оснащення систем керування;
- вивченням особливостей спеціалізованого обладнання галузі і на їх базі розширення технологічних можливостей ГПК;
- розробкою нових методів контролю та оцінки стану технологічних процесів.

Повною мірою автоматизація технологічних процесів не може здійснюватися без розробки широко регульованого автоматичного переналаджувального оснащення і автоматизації її підналаджування.

Ступінь вирішення цих задач обумовлює рівень автоматизації будь-якого виробництва, в тому числі й інструментального.

Розглянемо шляхи вирішення цих задач в інструментальному виробництві на прикладі технологічних процесів виготовлення різальних інструментів.

9.2. Автоматизоване проектування технологічних процесів виготовлення інструментів

Автоматизація проектування технологічних процесів є однією із складних задач. Вона складається з послідовності багатофакторних вибору заготовки, операцій, обладнання, пристосувань та інструмента, які забезпечують отримання виробів необхідної точності та якості.

Основними методами проектування технологічних процесів є:

- аналітичний, в якому технологічний процес створюється в результаті чіткого аналізу закономірностей конструкції та технології стосовно до конкретного виробу;
- аналоговий, в якому технологічний процес створюється на базі раніше спроектованої технології для виробів визначеного типу, групи стосовно до особливостей конкретного об'єкту виробництва.

Аналітичний метод використовується для нових унікальних виробів, у яких немає аналогів.

Найбільше розповсюдження в машинобудуванні одержав принцип автоматизації проектування технологічних процесів на основі типових та групових технологій.

Наявність попередньо розроблених групових технологій дозволяє вести проектування технологічного процесу на виробі, що запускаються у виробництво (адресні методи). Автоматизація на цій основі полягає у створенні банку даних, які дають можливість здійснити пошук групової технології за загальними характеристиками виробу, коректування її за деякими параметрами конкретного виробу.

Проектування типових технологічних процесів застосування ЕОМ здійснюється з використанням конструкторсько-технологічної класифікації виробів.

Конструктивні форми різальних інструментів досить різноманітні. Більшість видів інструментів подані в широкому діапазоні розмірів. Тому в основу розробки прогресивних технологічних процесів, на основі їх автоматизації, повинна бути покладена така класифікація різальних інструментів, яка створює необхідні умови для уніфікації технології.

Вся різноманітність різальних інструментів за конструкторсько-технологічними ознаками (подібно до деталей машинобудування) поділяється на чотири основних класи (рис. 9.1):

А – інструменти класу “Валики”;

Б – інструменти класу “Втулки”;

В – інструменти класу “Диски”;

Г – інструменти класу “Пластини”.

При класифікації збірних інструментів їх корпуси можна віднести до одного з класів, що розглядаються. Різальні елементи, як правило, відносяться до класу пластин, а інші є деталями загальномашинобудівного призначення (кільця, гвинти, штифти тощо).

З технологічної точки зору, кожен клас поділяється на групи в залежності від особливостей технології виготовлення інструмента. Так, наприклад, клас А поділяється на наступні групи інструментів: суцільний, твердосплавний з напаюванням, зварювальний, збірний.

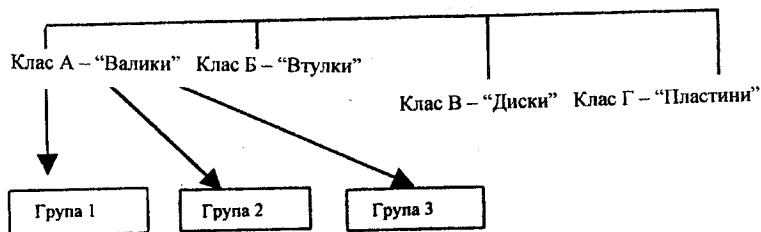


Рис. 9.1. Схема класифікації типових форм інструментів

З точки зору технології виготовлення інструментів, можна відмітити наступні характерні їх особливості:

1. Інструменти є виробами, обмеженими різноманітними складними поверхнями. Ця особливість визначає великий ступінь та тривалість технологічного циклу виготовлення інструмента. Для інструментів характерна фасонно-зубчаста форма.

2. Інструменти часто представляють собою вироби, що складаються з різноманітних матеріалів.

3. Для інструментів характерні два термічних цикли.

4. Інструментальні матеріали є важкооброблюваними.

5. Точність виготовлення формують елементів мірних інструментів повинна бути вищою за точність розмірів оброблюваних ними поверхонь.

6. Якість інструментів визначається не тільки точністю їх виготовлення, але й шорсткістю поверхонь та фізико-механічними характеристиками, головним чином, поверхневих шарів різальної частини (зневуглецювання, припикання, залишкові напруги тощо).

З врахуванням зазначених особливостей для обробки кожного класу та групи інструментів необхідно розробляти уніфіковані технологічні процеси. Кожен з уніфікованих процесів можна розглядати як окремий випадок загального базового процесу (рис. 9.2), і у відповідності зі схемою базового процесу автоматизувати проектування технологічних процесів виготовлення інструментів.

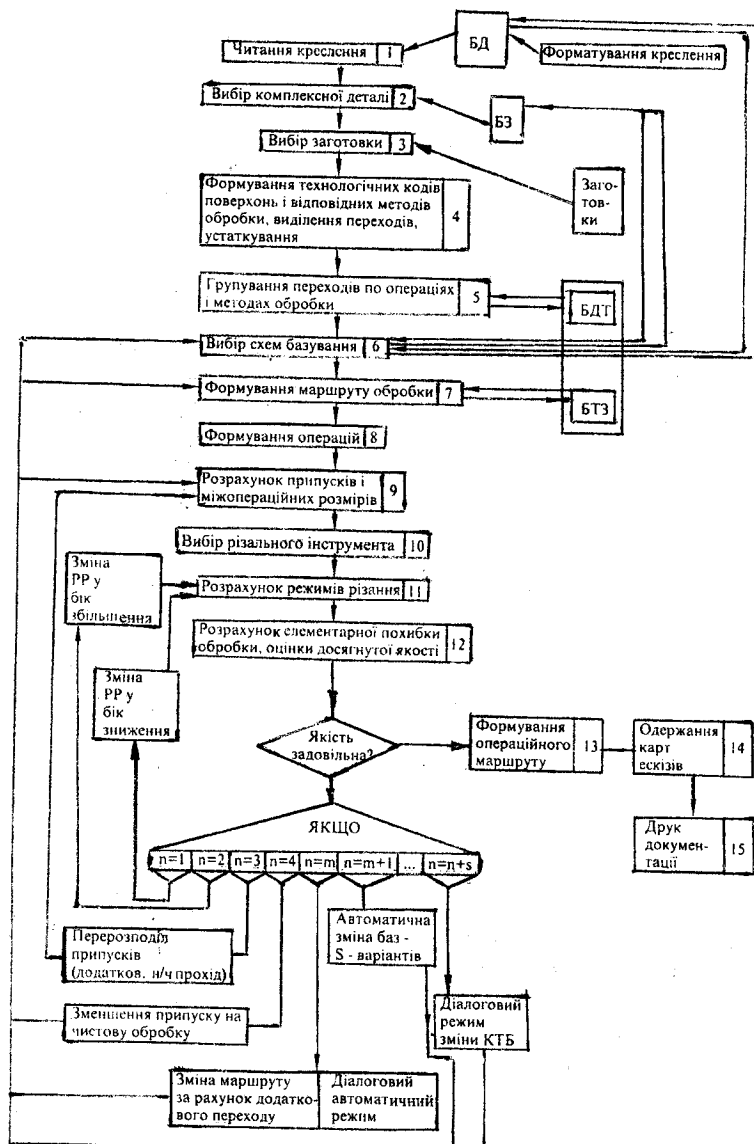


Рис. 9.2. Алгоритм проектування технологічних процесів

Алгоритм проектування технологічних процесів виробництва інструментів показано на рис. 9.3. Він включає аналіз креслення деталі, класифікацію її конструктивних елементів та оброблюваних поверхонь. Наступним об'єктом формалізації, для цілей автоматизованого проектування технологічного процесу є розробка комплексної деталі, під якою розуміють не тільки геометричну спільність групи деталей – інструментів, але й спільність методів їх обробки.

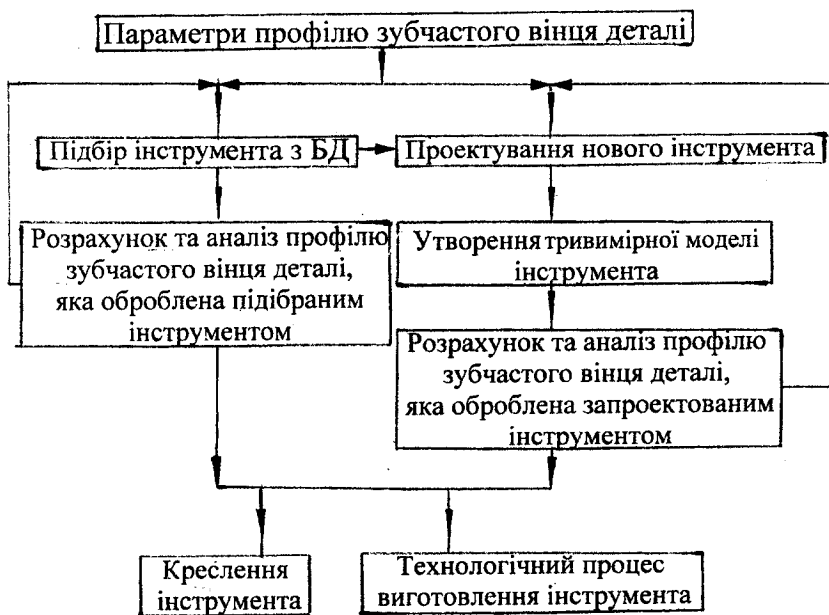


Рис. 9.3. Схема автоматизованої системи зубообробки

На основі формалізованої інформації про комплексну деталь проводиться вибір заготовки і утворюється її модель.

Оскільки інструмент є сукупністю оброблюваних конструктивних елементів і поверхонь, проводиться їх класифікація та формування технологічних кодів поверхонь. Систематизація конструктивних елементів інструмента і поверхонь, що оброб-

ляються, дозволяє перейти до розробки відповідних методів їх обробки і створення формалізованої моделі інструмента.

На основі аналізу конструкції інструмента та відповідної комплексної деталі створюється невпорядкована множина переходів, дається опис набору технологічних переходів, які характеризують процес обробки кожного i -го конструктивного елемента комплексної деталі – інструмента.

Перехід розглядається як деяка система, яка характеризується параметрами методу обробки, що використовується, обладнанням, розташуванням заготовок в робочій зоні верстата.

На основі структурних елементарних переходів здійснюється синтез операцій, які зводяться до об'єднання технологічно однорідних переходів. На початку переходи поділяються на чорнові, півчистові, чистові та обробні (фінішні).

При об'єднанні переходів в операції враховується також спільність методів обробки і обладнання, яке використовується, спільність технологічних баз на всіх переходах операції. Тому в процесі проектування технологічних процесів вирішується задача вибору схеми базування. Кращою базою буде реальна або штучна поверхня, на якій може бути оброблена максимальна кількість поверхонь, при умові досягнення заданої якості обробки.

Прикладом штучних поверхонь, які застосовуються як базові поверхні, є центрові отвори, що широко використовуються при виготовленні інструментів.

Точне поєднання розмірів креслення з розмірами виготовленого інструмента через операційні налагоджувальні розміри по всьому технологічному процесу проводять шляхом використання методики складання і розрахунку операційних розмірних ланцюгів. Апарат розмірного аналізу технологічного процесу дозволяє на стадії проектування розрахунковим шляхом визначити допуски операційних розмірів, припуски на обробку, необхідні розміри заготовки.

Після об'єднання переходів в операції розробляється маршрут обробки, який формується в порядку підвищення точності обробки, крім того, поверхні, що використовуються як базові, повинні оброблятися в першу чергу.

В основу алгоритму синтезу маршруту покладено принцип перевірки послідовності технологічних операцій на сумісність – можливість передування операцій одна однією.

Для кінцевого формування технологічного процесу необхідно призначити кожному переходу припуски, різальний інструмент і режими різання, оцінити точність обробки.

Якщо точність обробки незадовільна при розробленому технологічному процесі, то необхідно внести зміни в режими різання, розміри припусків, а далі, якщо це необхідно, переробити маршрут обробки.

В технології інструментального виробництва задачі технологічного проектування є багатоваріантними. До того ж вони можуть забезпечувати необхідну точність, якість, продуктивність обробки. До багатоваріантних відносяться задачі вибору структури процесу, способів обробки поверхонь виробів, вибору обладнання, інструментів, пристосувань, схем установки та базування заготовки, призначення режимів різання на кожній операції.

Так, наприклад, відомо декілька перевірених на практиці способів обробки отворів (типових рішень): свердлування, розсвердлювання, зенкування, розточування, розвертання, протягування, шліфування, хонінгування. Кожен із способів має свою область доцільного використання. Тому при рішенні подібних задач необхідно описати весь набір типових рішень, а також умов, при яких може бути використане кожне з них. Тоді процес вибору зводиться до перевірки відповідності вихідних даних умовам використання типових рішень, і при виконанні умов комплексу приймаються відповідні типові рішення.

Задача проектування технологічного процесу за своєю природою оптимізаційна.

Оптимізаційний підхід, тобто розробка можливих варіантів, їх аналіз та оцінка, вибір найкращого, є основним напрямком удосконалення методів автоматизованого проектування технологічних процесів.

Технологічний процес буде оптимальним, якщо він забезпечує, по-перше, виконання системи обмежень, що відображають умови протікання процесу, та вимог, що ставляться до

нього, і по-друге, забезпечує екстремум критерію оптимальності цільової функції.

Відомо декілька різних критеріїв оптимальності, що використовуються для оптимізації технологічного процесу в цілому і для окремих задач. Найбільш часто використовуються наступні: максимум стійкості різального інструмента, мінімум штучного часу, максимум продуктивності, мінімум собівартості, максимальна точність.

Відрізняють структурну і параметричну оптимізації.

Задача структурної оптимізації вирішується при проектуванні принципової схеми технологічного маршруту обробки виробу, при синтезі нових технологічних процесів, виборі обладнання та інструмента тощо, задачі параметричної оптимізації вирішуються при призначенні режимів різання, визначенні раціональних умов обробки інструмента з нових інструментальних матеріалів, визначенні оброблюваності різних матеріалів.

В загальному вигляді, задача параметричної оптимізації формулюється так: визначити вектор оптимальних параметрів $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$, який забезпечує екстремальне значення вибраного критерію оптимальності $F = F(x_1, x_2, \dots, x_m)$ в області D , яка задана обмеженнями на вхідні та вихідні параметри процесу.

Класичною задачею параметричної оптимізації є розрахунок режимів різання. Задача оптимального керування процесом різання формулюється як задача вибору такого режиму різання, який забезпечує максимальну продуктивність при заданій точності з врахуванням показника собівартості.

Так, наприклад, при точінні за критерій оптимізації часто приймають мінімум основного часу, що відповідає максимуму функції:

$$F = n \cdot s = \max,$$

де n – частота обертання заготовки;

s – подача на оберт заготовки.

Обмеженнями при визначенні області D будуть допустимі значення похибок обробки δ , шорсткості обробленої поверхні R_a , періоду стійкості інструмента T , потужності різання N_{piz} , а

також граничні значення подач S і частот обертання заготовки, що визначені можливостями металорізального верстата:

$$\begin{aligned} T &= f(vst) \geq T_{\text{дон}}; \\ R_a &= (vst) \leq R_{a\text{дон}}; \\ \delta &= (vst) \leq \delta_{\text{дон}}; \\ N_{\text{риз.}} &\leq N_{\text{см}} \cdot \eta; \\ S_{\text{min}} &\leq S \leq S_{\text{max}}; \\ n_{\text{min}} &\leq n \leq n_{\text{max}}, \end{aligned}$$

де $R_{a\text{дон}}$, $T_{\text{дон}}$, $\delta_{\text{дон}}$, n_{min} , n_{max} , S_{min} , S_{max} – межові значення відповідних параметрів та змінних;

$N_{\text{см}}$ та η – потужність верстата і коефіцієнт його корисної дії.

В логарифмічних координатах обмеження функції цілі стає лінійним.

В цьому випадку область допустимих рішень в системі координат $\lg n$ ($\ln n$) та $\lg S$ ($\ln S$) буде обмежена прямими лініями, а максимум функції F буде знаходитись у вершині багатокутника, найбільш віддаленій від початку координат.

Аналогічним чином можна вирішити задачі визначення оптимальних величин геометричних параметрів різальної частини інструмента, оптимальних режимів різання при використанні нових інструментальних матеріалів, при визначенні оброблюваності різних матеріалів тощо.

Подальший розвиток автоматизації технологічних процесів засновано на значному рості обчислювальних потужностей персональної комп'ютерної техніки, що створило умови для створення нового покоління універсальних CAD/CAM/CAE систем. Використання універсальної системи CAD/CAM/CAE "Euclid" фірми MATRA DATA VISION в УГГ "Motor Cur" дозволило одержати значний ефект при проектуванні складного формоутворюючого оснащення і розробці управляючих програм для верстатів з ЧПК. Так, трудомісткість проектування та виготовлення штампів для гарячого об'ємного штампування ГТД скоротилась більше, ніж у два рази.

Проте за даними існує ряд задач технологічної підготовки виробництва, вирішення яких за допомогою універсальних систем не дозволяє одержати суттєвого скорочення трудомісткості. На сьогоднішній день для вирішення таких задач необхідні розробка та впровадження високоавтоматизованих спеціалізованих систем. Основними вимогами до спеціалізованих систем конструкторсько-технологічного призначення, є відкритість та функціональна замкнутість відносно об'єкта проектування. Це означає, що система повинна охоплювати все коло питань проектування, підбору, виготовлення і може бути відкритою до інтеграції в інформаційне середовище підприємства.

Однією із задач технологічної підготовки виробництва, що вимагає розробки спеціалізованого програмного забезпечення, є проектування, підбір та виготовлення зубообробного інструмента. Основною для реалізації принципу функціональної замкнутості системи є модульна побудова системи та використання об'ємної математичної моделі інструмента для вирішення всього кола задач проектування, підбору, аналізу та виготовлення зубообробного інструмента.

Основними вимогами до математичної моделі зубообробного інструмента є її точність та адаптивність. Параметрами моделі є геометричні параметри формоутворюючих поверхонь інструмента і параметри його конструктивного оформлення.

Геометричні параметри формоутворюючих поверхонь інструмента є визначальними характеристиками оброблюваного зубчатого вінця деталі і параметрами процесу обробки. Зміна параметрів зубчастого вінця деталі або процесу його обробки призводить до зміни математичної моделі інструмента. Адаптивність моделі полягає у можливості її конкретної зміни у відповідності зі змінами конструкції деталі та параметрів процесу обробки.

Ці принципи й покладені в основу розробленої в ОАО "Motor Sur" комплексної спеціалізованої системи "Зубообробка". Система орієнтована на проектування, підбір та виготовлення черв'ячних фрез, евольвентних та фасонних довбачів.

Система побудована за модульним принципом і складається з інваріантного геометричного ядра, побудованого на базі бібліотек CAS CADE Object libraries, та ряду підсистем, що

спеціалізуються за видами інструмента і виконуваними проектними процедурами. Порядок взаємодії підсистем, що проектуються, не залежить від виду інструмента та виконується у відповідності зі схемою, що наведена на рис. 9.4.



Рис. 9.4.Схема технологічного процесу виготовлення інструментів

При проведенні просторових моделей інтерполяція складних формоутворюючих поверхонь може бути найрізноманітнішою. Основою побудови просторових моделей є β -сплайн інтерполяція складних формоутворюючих поверхонь зубообробного інструмента. Комп'ютерна модель інструмента має вид твердотільної моделі, яка побудована на базі багатьох β -сплайн поверхонь.

Твердотільна модель інструмента є основою аналізу його придатності для обробки конкретної деталі, синтезу креслення інструмента, проектування маршрутного технологічного процесу його виготовлення, підготовка даних для технологічного обладнання, яке управляється програмно, розробки програм керування верстатів з ЧПК.

9.3. Спеціалізоване обладнання інструментального виробництва

Уніфіковані технологічні процеси інструментального виробництва визначаються функціональними, конструктивними і технологічними особливостями інструментів. Тому поряд із засобами автоматизації, що використовуються в загальному машинобудуванні, в інструментальному виробництві застосовуються спеціальне та спеціалізоване обладнання. З цієї ж

причини обсяг робіт, що виконується ГВС в інструментальному виробництві, значно нижчий в порівнянні з іншими галузями машинобудування.

Розглянемо особливості автоматизації інструментального виробництва для кожного з циклів (рис. 9.1) виробництва інструментів.

9.3.1. Обладнання заготівельного циклу

Заготівельний цикл об'єднує наступні операції:

- правку та калібрування прутків;
- розділення прутків на заготовки;
- кування або об'ємне штампування штучних заготовок;
- підготовку під зварювання (очищення, проточування шийок);
- стикове зварювання;
- термічна обробка після кування та зварювання (відпал, високий відпуск);
- очищення після кування та зварювання;
- знімання зварювальних задирок;
- підрізання торців та центрування.

В залежності від класу і групи інструментів за прийнятою класифікацією (див рис. 9.1) заготівельні операції можуть виконуватись в чотирьох різних варіантах.

Для суцільних (незварних) кінцевих інструментів з відносно невеликою довжиною (клас *A*), а також втулкових (клас *B*) інструментів діаметром менше 50 мм (ручні мітчики всіх розмірів, машинні мітчики діаметром менше 12 мм, центрові комбіновані свердла, круглі плашки та деякі інші інструменти), токарна обробка яких здійснюється безпосередньо з прутка на токарних автоматах, заготівельні операції зводяться просто до правки і калібрування прутків.

Для інструментів діаметром менше 12 мм з відносно великою довжиною, що виготовляються зі сталі – сріблянки (група 1 класу *A*), плоских інструментів (клас *Г*), а також втулкових інструментів (клас *B*), які виготовляються із штучних некованих

заготовок, виконуються тільки перші дві операції – правка і розділення на заготовки.

Для кінцевих незварних інструментів діаметром більше 12 мм (групи 3 та 4 класу *A*) заготівельний цикл складається, як правило, з трьох операцій: правки прутків, розділення їх на заготовки і обробки торців (підрізання та центрування).

Для кінцевих зварювальних інструментів (група 2 класу *A*) та інструментів класу *B* заготівельний цикл здійснюється в найбільш повному вигляді, причому для валиків виконується зварювання в стик, а для дисків – кування або штампування.

Взагалі всі операції заготівельного циклу є загальномашинобудівними операціями і якщо мають свою специфіку, то тільки у зв'язку з фізико-механічними характеристиками матеріалів, що обробляються.

При розгляданні чотирьох варіантів циклу заготівельних операцій можна побачити, що найбільш відповідальним в ньому є операції 2, 5 та 9 (або 3). У зв'язку з трудомісткістю виконання цих операцій особливо доцільно використовувати спеціальні верстати (які, до того ж, можна успішно використовувати і в загальномашинобудівному виробництві). Доцільність використання спеціалізованих і автоматизованих верстатів для здійснення заготівельних операцій обумовлюють дві обставини. По-перше, трудомісткість операцій, що відносяться до заготівельного циклу, досить велика і досягає 20–25 % загальної трудомісткості виготовлення інструмента, наприклад, для кінцевих зварювальних інструментів (табл. 9.1). По-друге, якість виконання заготівельних операцій багато в чому визначає не тільки якість, але й продуктивність наступних формоутворюючих, термічних і навіть шліфувально-заточувальних операцій.

Необхідно відмітити, що в закордонній практиці широке використання при відрізанні заготовок інструмента одержали стрічково-відрізна та фрезерувально-відрізна верстати. Сучасні верстати для відрізання великими пилками та стрічками автоматизовані та оснащені спеціальним устаткуванням для подачі прутків.

Для відрізання заготовок діаметром до 40–50 мм широко використовуються спеціальні токарно-відрізна верстати, авто-

мати та напіваавтомати, вся різноманітність яких принципово зводиться до двох типів, схеми яких зображені на рис. 9.5.

Таблиця 9.1

Трудомісткість виготовлення інструмента різних класів за технологічними циклами (% до загальної трудомісткості)

Технологічний цикл	Клас інструментів				
	А – “Валики”		Б – “Втулки”	В – “Диски”	Г – “Пластини”
	Група 1	Група 2			
Заготівельні операції	–	18–25	3–5	8–10	4–6
Основні формувальні операції	40–45	25–40	30–45	40–55	25–40
Термообробки	3–6	3–4	3–4	3–4	10–12
Шліфувально-заточувальні операції	45–55	35–50	40–55	30–50	40–65
Термохімічне покращення та упаковка	4–7	4–6	3–7	2–6	6–8

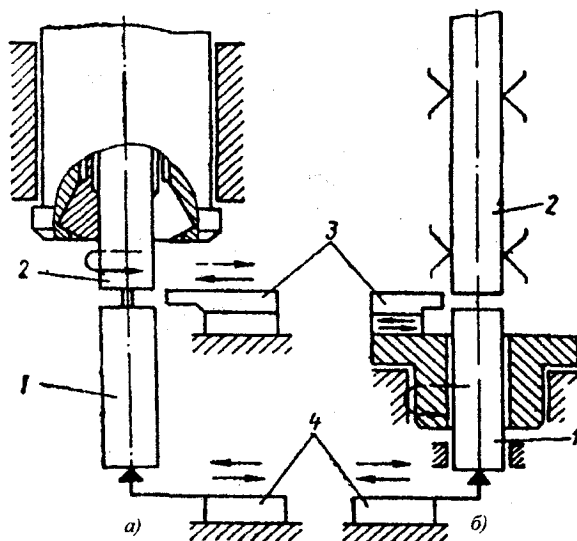


Рис. 9.5. Принципові схеми токарного відрізання на верстатах

Основними перевагами токарного відрізання є простота повної її автоматизації, можливість підвищення продуктивності операції відрізання з утворенням торця необхідного профілю, при забезпеченні достатньо високої якості поверхні. До недоліків необхідно віднести наявність залишків металу на торці (якщо різання здійснюється за схемами, наведеними на рис. 9.5), які необхідно видалити, що зменшує продуктивність операції.

Різання на абразивно-відрізних верстатах є найбільш універсальним, одним з найбільш продуктивних і часто використовується в інструментальному виробництві. При обрізанні заготовок на цих верстатах використовуються абразивні круги форм *D*, виготовлені на основі склотканини і допустима швидкість розрізання яких до 80 м/с.

В інструментальному виробництві використовуються спеціальні автоматизовані абразивно-відрізні верстати.

9.3.2. Особливості спеціального та спеціалізованого обладнання циклу основних формуютьючих операцій

В циклі основних формуютьючих операцій інструменту надається форма, близька до кінцевої, проводиться основне знімання матеріалу, який досягає 50–70 % від початкового об'єму заготовки. Трудомісткість основних формуютьючих операцій складає від 25 % до половини загальної трудомісткості виготовлення інструмента.

- Укрупнено цей цикл поділяється на чотири види обробки:
- токарна обробка – для інструментів класу *A*, *B* та *B*;
 - фрезерна обробка – для інструментів класу *Г*;
 - фрезерна обробка – фрезерування канавок для стружки, пазів під ніж зібраного інструмента та гнізда під напаювання твердого сплаву, коли інструментам класу *A*, *B* та *B* надається характерний для них зубчастий профіль, а інструментам класу *Г* – майже остаточна форма. Операції утворення канавок для стружки та пазів більш трудомісткі у порівнянні зі всіма іншими операціями виготовлення інструментів, і тому тут

найбільш ефективно використання спеціалізованих та спеціальних верстатів;

- фрезерна обробка, довбання та протягування елементів кріплення інструментів (лапок, поводків, квадратів, рифлень, лисок, шпонкових пазів тощо).

Вся гама спеціальних та спеціалізованих верстатів для обробки стружкових канавок, як правило, поділяється на верстати для обробки прямих канавок і верстати для обробки гвинтових канавок.

Проте, для заготовок інструмента малого діаметра (до 20 мм) є єдині базові моделі з модифікаціями для обробки прямих та гвинтових канавок.

Типовим представником такого верстата є верстат моделі СИ-40 та його модифікації.

Напівавтомат призначений для фрезерування прямих, похилих та гвинтових канавок на заготовках інструмента круглого перерізу. Особливостями напівавтомата є:

- наявність розміщених один над іншим чотирьох шпинделів, що несуть робочі фрези і кожен з яких має горизонтальну вісь обертання;
- ускладнений цикл роботи стола (швидке підведення, робоча подача, швидке відведення);
- наявність спеціального пристрою для фрезерування на одному виробі канавок різної глибини (що необхідно при обробці заготовок з нерівномірними кутовим кроком зубців);
- наявність обертового стояка, що дозволяє обробляти на верстаті гвинтові канавки з кутами нахилу до 38° .

Головний рух – обертання шпинделів. Заготовки (одночасно обробляється чотири заготовки) переміщуються у поздовжньому напрямку (поздовжня подача), а при обробці гвинтових канавок їм надається ще й обертання навколо власних осей так, щоб забезпечити один оберт заготовки при її переміщенні на крок гвинтової канавки. Після обробки однієї з канавок заготовки обертуються на кутовий крок.

Профіль канавок визначається профілем робочих фрез.

В основному виконанні верстат призначений для обробки гвинтових канавок кінцевих фрез діаметром 3–20 мм як з рів-

номірним, так і з нерівномірним кутовим кроком зубців. На базі основної моделі створено ряд модифікованих верстатів.

До спеціального обладнання інструментального виробництва відносять обладнання, що формоутворює зубці інструмента методом пластичного деформування. Серед методів пластичного деформування велике розповсюдження одержало гідродинамічне витискання.

Гаряче гідродинамічне витискання полягає у витисканні через матрицю, що має профіль перерізу інструмента, нагріта до температури кування заготовки з використанням проміжного графітового середовища. Цей метод допускає ступінь деформації до 75 %. Гідродинамічним витисканням утворюються канавки розверток зенкерів, свердел, кінцевих фрез та ін. Шорсткість поверхні витиснених поверхонь $R_a = 2,5-10$ мкм, точність розмірів знаходиться в межах 0,2–0,3 мм.

При гарячому гідродинамічному витисканні (ГГДВ) створюються найбільш сприятливі умови всебічного нерівномірного стиску, досягається мінімальне значення коефіцієнта тертя і максимальне наближення до ізотермічного деформування.

Відсутність безпосереднього контакту з інструментом підвищує рівномірність розподілення деформацій в деталях, сприяє підвищенню пластичності оброблюваного металу і стійкості штампувального інструмента. Конструкція штампа дозволяє суміщати пластичне формоутворення заготовки з термічним зміцненням. Режими ГГДВ, що рекомендуються для сталі Р6М5, наступні: температура аустенізації – 1210–1230 °С, температура деформації – 1000±50 °С, ступінь деформації – 0,7–0,9, температура відпуску – 560 °С.

Зусилля при гарячому гідродинамічному витисканні визначається за корегованою формулою Сторожева:

$$P = \left(\frac{0,3 \sqrt{\sigma_s 0,5s}}{\sin \alpha} + \frac{2 \sqrt{\sigma_s 0,5s}}{1 + \cos \alpha} \right) \cdot \ln \left(\frac{F}{f} \right) + \sigma_s \frac{1,2L}{D} \cdot \frac{0,6sL}{d},$$

де σ – межа текучості деформованого металу; F та f – відповідно площа поперечного перерізу контейнера та циліндричної частини матриці; α – напівкут вхідного кінця матриці; L – висота циліндричної частини матриці; D та d – відповідно діаметри контейнера і циліндричної частини матриці.

Гаряче витискання можна проводити на кривошипному пресі. На рис. 9.6, а показана схема гідродинамічного витискання. В початковий момент витискання пуансон 4 через графітовий вкладиш 3 передає тиск на нижній торець заготовки 2 (підігрітий до загартованої температури 1230–1245 °С), гострі кінці якої почнуть пластично деформуватися до тих пір, поки зусилля деформації не перевищить зусилля руйнування вкладиша. В результаті утворюється щільне з'єднання заготовки з вхідним конусом матриці 5, що перешкоджає витіканню матеріалу проміжного середовища (графіту) крізь вічко матриці. В міру зростання тиску зруйнований пуансоном графітовий матеріал заповнює вільний простір навколо заготовки і частково затікає в зазор між контейнером і пуансоном 4.

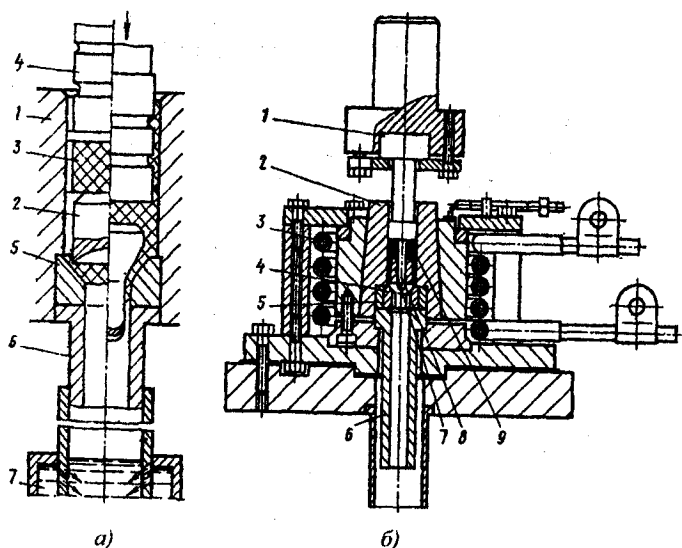


Рис. 9.6. Гаряче гідродинамічне витискання інструмента

Потім порошкоподібне графітове середовище ущільнюється настільки, що досить рівномірно розподіляє тиск пуансона по торцевій та боковій поверхнях заготовки. Таким чином, при гідродинамічному витисканні заготовка піддається всебічному стисканню і починає пластично деформуватися шляхом витікання у вічко матриці. Заготовка проходить через калібруючу втулку 6 і поступає в охолоджувальне середовище 7 для загартування.

Схема типового штампу для ГГДВ різального інструмента з отвором показана на рис. 9.6, б. Пуансон 1 входить в контейнер 2 і за допомогою голки 8 та графітового вкладиша 9 прошиває заготовку 7 і витискає її через вічко матриці 4 (запресованої в обоймі 5), а потім через калібрувальну втулку 6. Нагрівання штампа проводиться струмом промислової частоти через водоохолоджувальний індуктор 3 до температури 420–450 °С.

Для гідродинамічного витискання використовують стандартні кривошипові преси 1 МН та вище. Виготовлена автоматична установка для пресування кінцевих фрез, зенкерів, розверток діаметром 20–32 мм із зусиллям преса 3,15 МН, ходом повзуна 300–600 мм, швидкістю переміщення плунжера 300 мм/с, продуктивністю 120 шт/ч. Для пресування заготовок свердел діаметром 45–80 мм Дніпропетровський завод пресів випускає гідравлічний прес П2038В. Зусилля преса – 6,3 МН, хід повзуна 1300 мм. Фірма Karter und Sohn (Німеччина) випускає для гідродинамічного витискання свердел діаметром 35–70 мм стан із зусиллям 0,4 МН, тривалість циклу для свердел діаметром 35 мм – 40 с, для свердел діаметром 70 мм – 90 с.

Особливу групу спеціального обладнання складає обладнання для виготовлення гвинтових канавок та спинок свердел.

В залежності від типів свердел та масштабів виробництва використовуються наступні способи утворення їх гвинтових канавок і спинок. Ці способи визначають конструкцію і тип спеціального обладнання.

Фрезерування. Це найбільш універсальний спосіб одержання гвинтових канавок і спинок. Він використовується у всіх типах виробництва (від індивідуального до масового) для діаметрів свердел від 0,5 мм та більше. Характеризується він тим,

що профілі канавок і спинок на свердлі утворюються фасонними фрезами (канавочною та спинковою), яким надається обертальний рух (головний рух), а заготовці свердла надаються поздовжні (вздовж осі) переміщення і обертальний рух навколо власної осі. Ці обертальні рухи кінематично поєднані так, щоб за один оберт заготовки її поздовжнє переміщення відповідало кроку гвинтової канавки.

Глибинне шліфування. Цей спосіб використовується для утворення канавок та спинок свердел точного виконня діаметром 3–12 мм. Він відрізняється універсальністю, високою продуктивністю та високою якістю обробки. У зв'язку з появою нових абразивних матеріалів, а також у зв'язку із всезростаючою потребою у свердлах точного виконання він є одним із найперспективніших. Профільному шліфувальному кругу надається головний обертовий рух, а термообробній заготовці – взаємопоєднані обертальний рух і поступальне переміщення (рух подачі). За один поздовжній хід заготовки на ній вишліфовується одна гвинтова канавка (або одна спинка), а далі проводиться розподілення і обробка іншої канавки (або іншої спинки).

Поздовжньо-гвинтовий прокат. Цей спосіб використовується для утворення гвинтових канавок, спинок та стрічок на заготовках свердел загального призначення діаметром 1,8–25 мм при масовому виробництві. Суть його полягає в прокатуванні робочої частини заготовки свердла (підігрітої до температури кування) між двома парами профільних сегментів, що обертаються синхронно і розташовані під кутом до поздовжньої осі заготовки, близьким до кута гвинтової канавки. Одна пара формує профіль канавок, а інша – профіль спинок та стрічки. Спосіб характеризується високою продуктивністю (в десятки разів перевищує продуктивність фрезерування), проте складність та вузька спеціалізація обладнання обмежують область використання (масове виробництво). Разом з цим, цей спосіб продовжує розвиватися, вдосконалюватися, область його розширюється. Отже, робиться спроба обробки заготовок свердел діаметром до 40 мм, є досвід по утворенню гвинтових канавок на заготовках кінцевих фрез, мітчиків та інших інструментів. У зв'язку з цим нижче докладно розглядається як сам спосіб, так і відповідне обладнання.

Із зазначених способів в даний час найбільшого поширення для виготовлення зубів спірального свердла одержали способи глибокого шліфування, поздовжньо-гвинтового прокатування та гідродинамічного витискання (екструдинг-процес).

Поздовжньо-гвинтове прокатування відноситься до методів пластичного формоутворення і реалізується на спеціальних напівавтоматах та автоматичних верстатах. Воно здійснюється наступним чином (рис. 9.7).

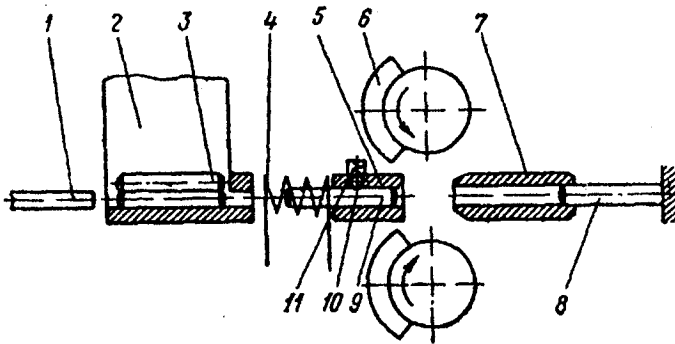


Рис. 9.7. Схема поздовжньо-гвинтової прокатки свердел

Заготовка 3 із бункера верстата поступає на нахилений лоток 2. Далі товкач 1 проштовхує її через індуктор 4 у втулку передньої проводки 5. Куля 10, що знаходиться під дією пружини 11 і розташована у втулці, гальмує рух заготовки 9. Завдяки цьому поглинається інерція заготовки, що рухається, і вона фіксується по довжині у втулці 5.

Прокатний стан може працювати за переривчастим або безперервним циклами. В першому випадку час, необхідний для нагрівання заготовок, значно більший від часу прокатування. Тому в процесі нагрівання всі механізми верстата вимкнені, як і обертання шпинделів. В іншому випадку час нагрівання менший за час прокатування і відпадає необхідність у вимкненні механізму верстата.

Нижче описується робота верстата в автоматичному циклі з переривчастим обертанням шпинделів, із закріпленими на них

формоутворюючими сегментами 6. При нагріванні заготовок до відповідної температури обертання шпинделів зупиняється на деякий час, що визначається реле часу або фотоелектричним пирометром.

Товкач 1 подає нову заготовку з лотка і направляє її в передню проводку. При цьому раніше нагріта заготовка за допомогою товкача та нової заготовки проштовхується через втулку 5 у втулку 7 задньої проводки, яка в цей момент знаходиться в крайньому передньому (лівому) положенні. Чотири шпинделі з формоутворюючими сегментами, закріплені на них, розміщені під кутом, близьким до кута нахилу гвинтової канавки. Вони обертаються в напрямку стрілок (на рис. 9.8 показані два шпинделі із сегментами для прокату канавок, розгорнутими в площині креслення, а два шпинделі із сегментами для прокату спинок не показані).

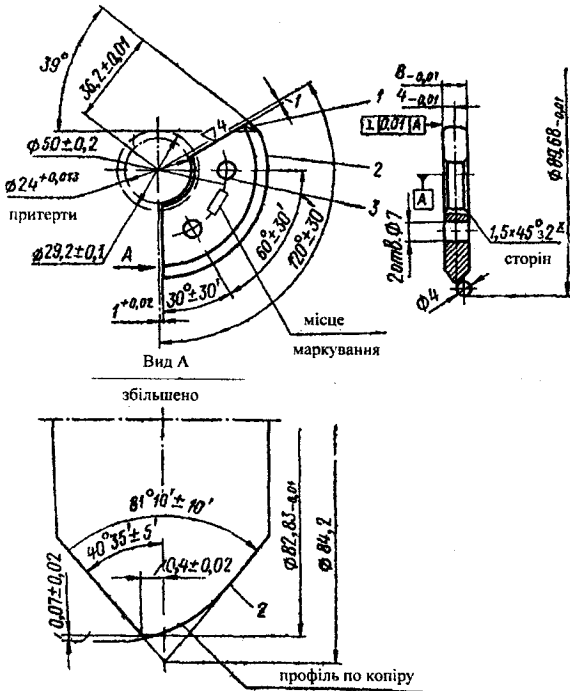


Рис. 9.8. Ескіз канавкового сегменту для прокатки свердел $\varnothing 5$ мм

В процесі обертання сегменти деформують заготовку, утворюючи на ній профіль канавки і спинки із стрічкою свердла. Заготовка при цьому обертається сегментами і разом із задньою проводкою переміщається в крайнє праве положення. В цьому положенні товчач 8, розміщений в корпусі задньої проводки, виштовхує прокатану заготовку, яка скочується на лоток і падає в тару.

Здійснивши один оберт, розподільний вал і шпинделі з сегментами зупиняються, а в індукторі нагрівається нова заготовка і т.д.

Профілі сегментів для одержання канавок і спинок свердел визначаються розрахунковим шляхом. Як приклад на рис. 9.8 показано профіль сегмента для утворення канавок на заготовці свердла діаметром 5 мм. Сегмент має західну частину 1, робочу ділянку 2 і отвір 3 для закріплення на шпинделі верстата. Матеріалами для виготовлення сегментів можуть бути швидкорізальні сталі, тверді сплави, дисперсійно твердіючі сплави.

Для виготовлення інструментів різного використання в інструментальному виробництві зараз широко використовуються електроерозійні верстати.

На цих верстатах можлива високопродуктивна та високоточна обробка інструментів надскладних профілів з твердих сплавів і термооброблених сталей. Тенденція заміни традиційного обладнання механічної обробки електроерозійним обладнанням наростає, оскільки за останній час різко зросла точність та продуктивність електроерозійних верстатів, дуже високий ступінь їх екологічної чистоти, відсутні складне виробництво інструмента для них, знижені витрати твердих сплавів, системи прибирання стружки, різко зменшені обсяги дорогих слюсарно-довідних робіт та ін.

На сьогодні на деяких підприємствах створюються спеціалізовані ділянки електроерозійних верстатів, які в оптимальній комплектації вирішують практично будь-які технологічні задачі, в тому числі й ті, які не вирішуються традиційними методами й обладнанням.

9.3.3. Загальна характеристика обладнання циклу основної термічної обробки

Трудомісткість основних термічних операцій не перевищує 10 % від загальної трудомісткості виготовлення інструментів. Не дивлячись на це, термообробка – одна з найважливіших за своїм впливом на якість інструментів операція, коли створюються такі основні характеристики інструментів, як твердість, міцність, червоностійкість, тобто забезпечується різальна здатність інструментів. Від термообробки багато в чому залежить успіх виконання операцій шліфування та заточування, оскільки в процесі термообробки викривляється форма інструментів і виникає зневоднений шар, тобто фактори, що визначають припуски на наступні шліфувально-заточувальні операції. Крім того, величина деформації під час термообробки обумовлює неточність базування при виконанні шліфувально-заточувальних операцій.

У зв'язку з особливою відповідальністю цих операцій для термообробки різальних інструментів в останні роки було створено багато типів спеціалізованих агрегатів як для загартування, так і для відпуску та допоміжних операцій (травлення, пасивування, оксидування тощо). Проте ці операції та обладнання настільки специфічні, що вимагають окремого розгляду і в підручнику не наводяться.

9.3.4. Автоматизація заточувальних операцій

Операції при заточуванні інструмента відносяться до циклу фінішних операцій механічної обробки інструмента. Ці операції можна поділити на групу шліфувальних операцій, багато в чому подібних до аналогічних операцій загальномашинобудівного призначення, і групу заточувальних операцій, властивих тільки інструментальному виробництву. Заточувальні операції досить різноманітні і виконуються на верстатах різних схем, конструкцій та рівнів автоматизації. Серед них дуже багато спеціальних верстатів, які використовуються для заточування одного або декількох видів інструментів (наприклад, верстати

для заточування свердел, круглих плашок, дискових сегментних пилок, черв'ячних фрез, протяжок, профільних інструментів тощо).

Різноманітність цих верстатів важко піддається класифікації, проте і в них можна виділити декілька груп, на яких виконується основний обсяг заточувальних операцій.

Заточувальні операції можна поділити на декілька груп:

- заточування прямих зубів на периферії для інструментів класів *A*, *B*, *B*;
- заточування гвинтових зубів на периферії для інструментів класів *A*, *B*, *B*;
- заточування торцевих зубів для інструментів класів *B* та *B*;
- заточування плоских інструментів типу ножів збірних фрез і різців для інструментів класу *G*;
- заточування задньої поверхні фасонних інструментів методами затилування (копіювання) та профільного шліфування (огинання);
- спеціальні види заточування.

В останні роки намітились дві нові тенденції в технології шліфування та заточування інструментів.

Отримує розвиток технології утворення канавок для стружки інструментів невеликого розміру діаметром (до 12 мм) методом глибинного шліфування в суцільній загартованій заготовці без попереднього фрезерування. Така технологія має помітні переваги перед фрезеруванням як за точністю, так і за продуктивністю; для неї створений і буде розвиватися спеціальний тип верстатів, подібних до верстатів для заточування прямого або гвинтового зуба.

Шліфування та заточування інструмента звичайними абразивами стали все більше витіснятися обробкою інструментами на основі алмазів та кубічного нітриду бору. Обробка синтетичними надтвердими матеріалами, яка здійснювалась першочергово на звичайних заточувальних верстатах, була далі переведена на спеціалізовані верстати різних типів. В останній час шліфування та заточування синтетичними надтвердими матеріалами стали поєднуватися з електрохімічною обробкою, і

виник новий клас верстатів для так званої електроалмазної обробки.

Основними напрямками автоматизації заточувальних верстатів є створення:

– одноопераційних автоматів для багатосерійного заточування різальних інструментів (свердел, мітчиків, плашок тощо);

– одноопераційних напівавтоматів для дрібносерійного заточування різальних інструментів на інструментальних заводах та їх переточування на заводах і фірмах використання інструмента;

– багатоопераційних автоматів та напівавтоматів для вишліфовування канавок та заточування різальних інструментів в багатосерійному виробництві (верстати для вишліфовування канавок, спинок і заточування свердел, верстати для заточування передніх і задніх поверхонь різців та ін.);

– напівавтоматів з числовим керуванням для заточування складного багатолезового різального інструмента (протяжок, кінцевих та черв'ячних фрез).

Верстати для заточування відрізняються великою різноманітністю по кожному з видів інструмента. Сучасні автомати та напівавтомати забезпечують заточування інструмента різних типорозмірів по всіх елементах в автоматичному циклі.

Обладнання для заточування різців. Більшість сучасних верстатів для заточування різців працює торцем чашкового круга, який має горизонтальну вісь обертання, що забезпечує найбільш зручне взаєморозташування шліфувального круга і різця при заточуванні його задніх поверхонь. На таких (модель 3622) верстатах шліфувальний круг не може працювати на прохід, тому на передній поверхні різця роблять канавку для виходу шліфувального круга.

Ці недоліки відсутні у верстатах з вертикальною віссю круга, призначених спеціально для заточування передніх поверхонь і утворення стружколамальних порошків (моделі 3626, 3626Э та мод. KGL 50–03, Венгрія).

Для підвищення універсальності в окремих верстатах з горизонтальною віссю шліфувального шпинделя передбачається

вертикальне переміщення стола або шліфувальної бабки (модель KGL 50-03, Венгрія).

В промисловості використовують значну кількість напівавтоматів 3А624 та 3Б623 для заточування токарних і стругальних різців. Напівавтомат мод. 3А624 призначений для абразивного, алмазного та ельборового заточування торцем чашкового круга як твердосплавних, так і швидкорізальних різців методами пружного та жорсткого шліфування. Напівавтомат мод. 3Б623 призначений для пружного електрохімічного заточування твердосплавних різців.

Напівавтомат мод. 3Е624 призначений для пружного та жорсткого заточування твердосплавних та швидкорізальних різців по плоских задніх та передніх поверхнях торцем алмазного та ельборового круга. Напівавтомат мод. 3У624Е є модифікацією напівавтомата мод. 3Е624 для електрохімічного заточування різців.

Схема напівавтомата 3Е624 показана на рис. 9.9.

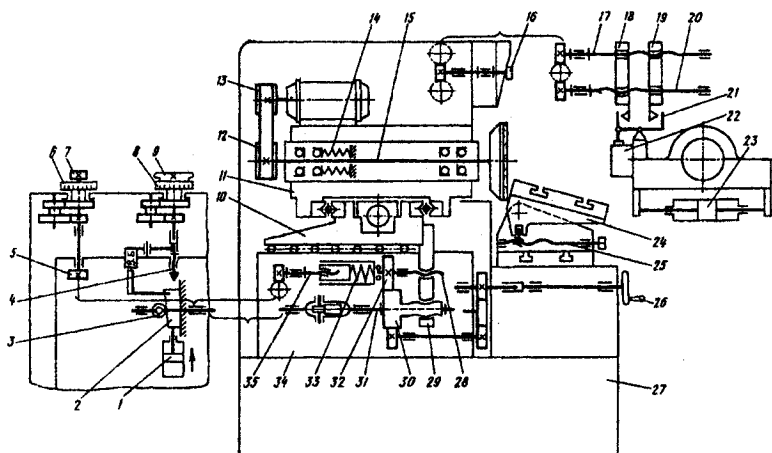


Рис. 9.9. Схема напівавтомата мод. 3Е624

Напівавтомат має станину 27 (рис. 9.9) коробчастої форми, в середині якої розміщені бак для МОР з насосом, бак гідроприводу та панель з гідроапаратурою. На передній частині станини встановлене корито.

В середині корита є нерухомий стіл, на якому закріплений стіл 24, нахил якого виконують гвинтом 25. Зліва поряд з коритом розміщений гідропульт. За коритом на станині закріплений стояк, в середині якого знаходяться основні вузли: механізм подачі, каретка, шліфувальна бабка тощо. З лівої сторони на стояку закріплена електрошафа. Для доступу до пристроїв, розміщених в середині стояка, шафа виконана повертаючоюся на петлях. У верхній частині стояка розміщено пульт керування.

Механізм подачі 34 кріпиться безпосередньо до станини. По роликівих напрямних на корпусі механізму в поперечному напрямку переміщається каретка 10. По напрямних кочення на каретці в поздовжньому напрямку переміщається шліфувальна бабка 11. Напрявні – кулькові з попереднім натягом.

Шліфувальний шпindel 15 обертається у двох парах радіально-упорних підшипників, встановлених з постійним натягом, який забезпечують пружини 14. Обертання шпінделя передається плоскопасовою передачею зі змінними шківками 12 і 13; шпindel – реверсивний. Поздовжнє (осциловане) переміщення шліфувальної бабки забезпечується гідроциліндром 23. Величина поздовжнього переміщення обмежується упорами 18 та 19, які пересуваються одночасно кнопкою 16 через гвинтові шестерні та гвинти 17 і 20. Упори через вилку 21 діють на гідророзподільник 22, який управляється реверсом шліфувальної бабки.

Автоматична поперечна подача шліфування здійснюється від пружини 33 та механізму спуску, до складу якого входить гідроциліндр подачі з лінійкою копіра 2, по якій котиться ролик 3, з'єднаний з тягою 31. Тяга через гвинт-шестерню 30 і кронштейн 29 зв'язана з кареткою 10. При подачі поршень гідроциліндра 1 переміщає лінійку копіра в напрямку стрілки, і каретка під дією пружини 33, що впирається через шестерню і гвинт 28 в кронштейн 29, буде переміщатися на різець. Силу притискання круга до різця встановлюють держакон 7 через

пару гвинтових шестерень 5, гвинт 35 і рухома гайка, в яку впирається пружина 33. Відлік сили проводять по лімбу 6.

Для встановлення величини автоматичного врізання використовується маховичок 9, який переміщає гвинт – упор 4, з'єднаний з безконтактним кінцевим вимикачем ВВ. Відлік величини врізання проводять по лімбу 8. Ручне поперечне переміщення каретки здійснюється маховичком 26. Для того щоб при ручному поперечному переміщенні каретки сила пружини зберігалась незмінною, передбачено гвинт 28, на який опирається пружина із закріпленою на ньому шестернею 32. При обертанні рукоятки 26 гвинт 28 та гвинт-шестерня 30 вгвинчуються в кронштейн на одну й ту ж величину.

Для пружного заточування швидкість гідравлічної поперечної подачі повинна бути більшою за швидкість знімання металу при заточуванні. При жорсткому заточуванні дія пружини подачі немовби вимикається, для чого її стискають до величини, яка значно перевищує нормальну складову сили різання (понад 50 кг). Верстат працює з охолодженням. Конструкція шліфувальної головки зображена на рис. 9.10.

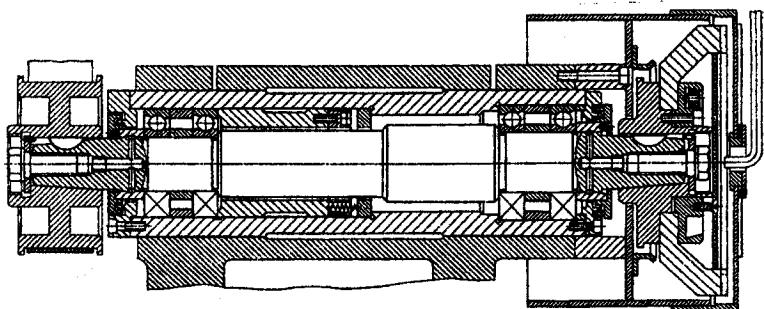


Рис. 9.10. Шліфувальна головка до напівавтомата мод. 3Е624

Заточуваний різець встановлюють на нахиленому столі (рис. 9.11) і закріплюють в спеціальних пристроях, що встановлюються в його Т-подібних пазах. Стіл складається з основи 1 і власне стола 3, що нахилиється за допомогою рукоятки 5, яка обертає гвинт 6. Гвинт 6 через гайку 7 з'єднаний з кронштейном 2, що кріпиться на столі. Стіл фіксують держакон 4, що повер-

тає штангу, кінці якої з'єднані з гайками, що нагвинчуються на осі повороту стола і стягують вушка стола 3 та основи 1.

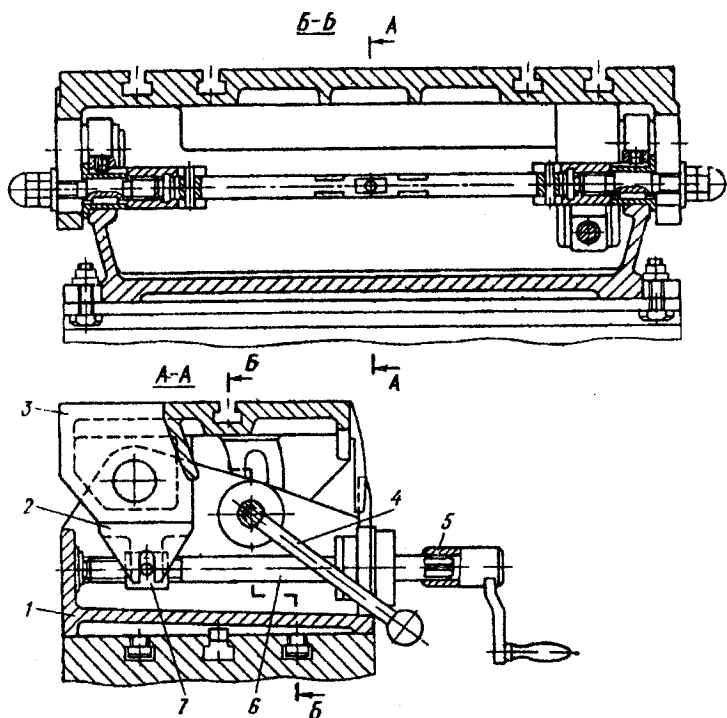


Рис. 9.11. Стіл нахилу до напівавтомата мод. 3Е624

Для закріплення при заточуванні по задніх поверхнях різців висотою від 12 до 50 мм передбачено гідравлічний пристрій (рис. 9.12). Основу 1 пристрою закріплюють в *T*-подібному пазу стола за допомогою шпонки 9, шпильки 8 та гайки 5. Прихоплювач 7 налагоджують на висоті різця, що заточується поворотом гайки 6. Прихоплювач може обертатися в горизонтальній площині на 90° відносно основи 1, а основа 1 – на 90° відносно паза стола. При роботі масло поступає через колектор 4 у верхню або нижню порожнину циліндра, вмонтованого в прихоплювач, відповідно затискає або звільняє різець. Будь-який кут в плані заточувального різця встановлюють по шкалі

8 відносно риски на планці 2, нерухомо з'єднаною з Т-подібною шпонкою.

Для заточування різців висотою понад 50 мм передбачений ручний пристрій, аналогічний описаному вище, тільки замість гідроциліндра в прихваті встановлено гвинт. Заточування різців висотою менше 12 мм можливе при використанні перехідних державок.

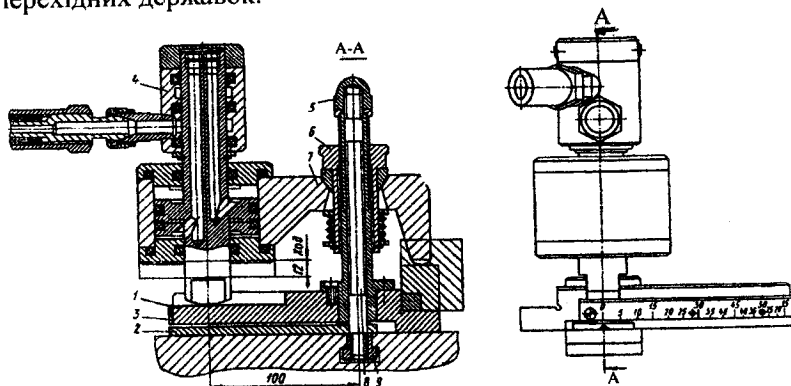


Рис. 9.12. Гідравлічне пристосування для закріплення різців на столі напівавтомата мод. 3Е624

Для заточування різців по передніх поверхнях передбачене пристосування (рис. 9.13), що складається із стояка 3, по якому може переставлятися у вертикальному напрямку нерухома губка 8. Стояк повертається навколо осі 1 (установка на кут γ) і фіксується на похилому столі ексцентриковим затискачем 2. Відрахування кута ведуть по шкалі 11. Нерухома губка може обертатися у вертикальній площині при заточуванні різців з різними кутами в плані. Відлік кута проводять по шкалі 9, фіксацію губки на стояку виконують держакон 10. Різець затискають держакон 12, який має вигляд гайки, що нагвинчують на гвинт 6. При відгвинчуванні держака пружина 7 розтискує губки 5 та 8. Різець в пристрої встановлюють до регульованого упора 4.

На верстаті можна працювати як з ручним керуванням, так і в автоматичному циклі. При роботі з ручним керуванням всі рухи, крім осциляції, повинні проводитись вручну. Величину

осциляції шліфувальної бабки встановлюють держаком 16 (див. рис. 9.9).

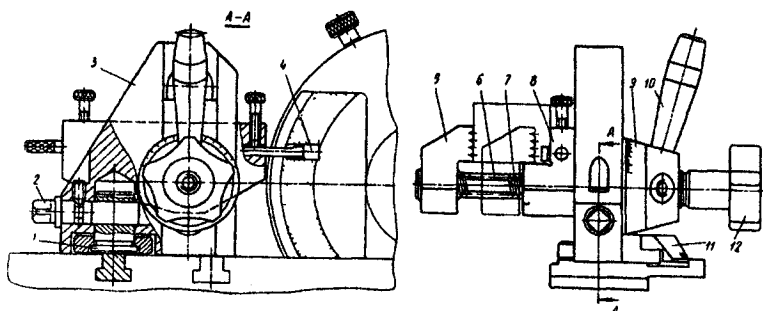


Рис. 9.13. Пристосування для закріплення різців при заточуванні передніх поверхонь

Перед початком роботи в автоматичному циклі необхідно провести наступні операції: встановити на пульті керування перемикачі в положення, що відповідає автоматичній роботі, необхідному напрямку обертання шліфувального круга, вмикання охолодження в циклі; встановити необхідну витримку часу при виходженні, задану швидкість подачі, силу притискання круга до різця і величину припуску, що знімається; ввімкнути гідропривід (при цьому відбудеться відпуск прихоплювача різцетримача); провести встановлення різця та його орієнтацію; ввімкнути обертання шліфувального круга.

Вмикання неавтоматичного циклу роботи верстата проводять кнопкою "Цикл", при цьому відбувається затискання різця і вмикається охолодження. По закінченні затискання за допомогою реле тиску вмикається осциляція шліфувальної бабки і врізання. Після знімання припуску спрацьовує шляховий вимикач ВБ, що вмикає реле часу виходу. По закінченні виходу вимикаються осциляція та подача охолоджувальної рідини, різець розтискається, шліфувальна бабка відходить в початкове положення і цикл закінчується.

Правку алмазного круга проводять за допомогою пристрою (рис. 9.14), який має вигляд вставленої в корпус 3 шліфувальної головки 2, на шпинделі якої встановлено чашковий

абразивний круг 1. При правці круг 1 приводять в дотик з алмазним кругом, який обертається з робочою швидкістю. Пристрій кріпиться на столі з нахилом.

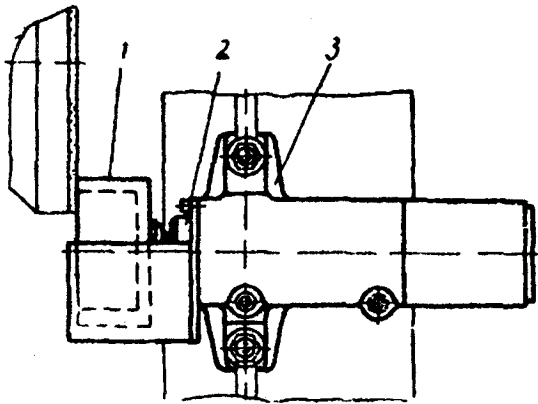


Рис. 9.14. Пристрій для правки алмазного круга на півавтоматі мод. 3Е624

Обладнання для заточування свердел. Конструкція верстатів для заточування свердел визначається методом заточування свердел. Утворення автоматів для заточування свердел в СНГ базується на методі гвинтового заточування, а створення іноземних автоматів та напівавтоматів — на основі методу складно гвинтового заточування. Заточування дрібних свердел діаметром від 0,2 мм здійснюється на автоматах і напівавтоматах, що реалізують двоплощинне заточування. Існує два типи верстатів для двоплощинного заточування: верстати з одним шліфувальним кругом, що забезпечують проведення операції заточування за одну установку свердла шляхом повороту свердла навколо ребра перетину задніх площин (автомати ВК-64 та ЗД653 і верстат мод. 03-6В фірми Christem), і верстати з двома шліфувальними кругами (верстати мод. 3Б650, 3Е651, верстати Poll-o-natic Christem та А300 фірми Avgac). Сучасні автомати та напівавтомати для багатосерійного і серійного заточування свердел проводять обробку глибинним способом або способом

врізання на основі гвинтового, складногвинтового або двоплощинного методів.

Заточувальні напівавтомати мають однопозиційне компонування.

Заточувальні автомати мають двопозиційну компоновку.

Більшість верстатів мають горизонтальне розміщення шпинделя.

На рис. 9.15 наведена схема автомата мод. ВГ-25, що виготовляється Вільнюським заводом шліфувальних верстатів. Свердла заточують периферією абразивного круга способом швидкісного (60–80 м/с) глибинного прохідного шліфування з подачею МОР до 50 л/хв під тиском 6 кгс/см² або гідроаеродинамічним способом. Всі рухи складногвинтового заточування здійснює свердло.

Верстат має одношпindelне компонування з двома позиціями бабки виробу: робочої та завантажувальної. Завантаження здійснюється при встановленому шпинделі. Бабка виробу з обертовою плитою, бабка з полозками поперечної подачі та механізмом правлення, механізми завантаження змонтовані на станині і закриті герметичним кожухом, до задньої стінки якого прикріплена електрошафа. Гідростанція, маслonaсосна станція для змащування шліфувального шпинделя та агрегат подачі МОР, що розміщений поряд зі станиною подачі верстата. Свердло 3, що заточується, закріплене хвостовиком в цанзі 24 і впирається близько до вершин на нерухому втулку 2, приводиться до обертання від гідродвигуна 25 через ряд циліндричних зубчастих коліс і гвинтові колеса 17–18 з передавальним відношенням 1:2.

На валу розподілення 20, крім зубчастого колеса 18, закріплені кулачки затилування 16 та кочення 21. Кулачок затилування 16 надає зворотно-поступального руху затилування шпинделю 22 через два коливальні важелі 33 та 36, один з яких має регулюючу опору. Кулачок коливання 21 має вигляд кривошипа, що обертається в спеціальній обоймі, з'єднаний зі штоком шарнірно закріпленого гідроциліндра 23. Вісь коливального руху бабки виробу співпадає з віссю гідродвигуна. Кут коливання дорівнює 6°. Шпindel виробу обертається в підшипниках ковзання, що виконані у вигляді сталевих загартованих втулок, і

здійснює зворотно-поступальний рух затилування. Поворот свердла при заточуванні здійснюється кінематично, оскільки на кожен оберт свердла приходиться два цикли затилувального і коливального рухів. Затискання цанги виконується за допомогою тарілчастих пружин, а розтискання – від гідроциліндра 19.

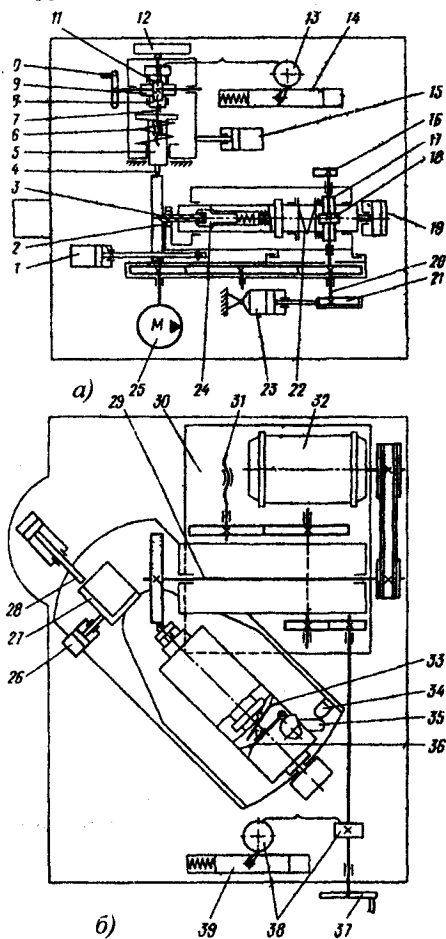


Рис. 9.15. Схема роботи верстака для заточування пилок:
 а – з постійним нахилом шліфувальної бабки, яка здійснює осьовий та радіальний рухи; б – регулюючим кутом нахилу шліфувальної бабки, яка здійснює радіальний рух

Шліфувальний шпindel 29 встановлений на дво-тривкладишних гідродинамічних підшипниках ковзання типу ЛОН-34 і отримує обертальний рух від електродвигуна 32 через клинопасову передачу. Подача шліфувальної бабки 30 здійснюється по У-подібній та плоскій роликівих напрямних за допомогою ходового гвинта 31. Зазор у гвинтовій парі вибирається за допомогою вантажів, що притискають полочки шліфувальної бабки до гайки. Для ручної подачі при настройці верстата використовують маховичок 37, а для автоматичної компенсації зношування при правці – поршень гідроциліндра 39 з собачкою та храпове колесо 38. Механізм правлення кріпиться на шліфувальній бабці. Каретка переміщається гідроциліндром 15 по напрямних ковзання в напрямку, паралельному до осі шліфувального круга. В каретці змонтована піноль 5, яка пружиною 6 через гвинт 7 притискається до шаблону 12. Тонке регулювання положення шаблону дозволяє з високою точністю забезпечити паралельність траєкторії вершини алмаза 4 і осі шліфувального круга. Подача алмаза 4 здійснюється в результаті переміщення пінолі 5 за допомогою гвинта 7, який приводить в рух вручну через маховичок 10 або автоматично від поршня гідроциліндра 14 через собачку храпове колесо 13, втулку 8 та гвинтові колеса 9–11.

Свердла завантажують в ємність 27. Живильник коливається під дією гідроциліндра 26. Штовхач кріпиться на штоці гідроциліндра 28. В завантажувальний пристрій штабельного типу свердла завантажують орієнтовані хвостовиками в бік бабки виробу. В ємність завантажують 2000 свердел діаметром 4 мм.

Із ємності свердла поступають в щілину живильника, який коливається навколо осі під дією гідроциліндра 26. В момент проходження щілини живильника над повзуном чергове свердло попадає в паз повзуна і відсікається від інших свердел при повертанні живильника в початковий стан. Штовхач 28, що рухається вперед під дією штоку гідроциліндра, впирається у вершину свердла і переміщає його хвостовиком вперед по пазу повзуна вздовж підпружиненої орієнтованої пластини через нерухому втулку 2 бабки виробу і далі в розкриту цангу. Орієнтована пластина входить в канавку свердла і заставляє його

повертатися. В кінці ходу бурт штовхача упирається в торець повзуна і, продовжуючи разом ним рух, забезпечує мінімально необхідний виліт вершини свердла із втулки. За сигналом кінцевого вимикача, який зв'язаний з ходом повзуна, поршень гідроциліндра штовхача реверсується і після його відходу в початкове положення поступає сигнал на переведення бабки виробу із позиції завантаження в робочу. В той же час спрацьовує гідроциліндр 26 і живильник, здійснивши коливальний рух, видає чергову заготовку в паз повзуна.

Величину вильоту свердла регулюють шляхом зміни довжини штовхача 28 при його вигвинчуванні зі штоку. Задній кут настроюють шляхом зміни довжини ходу затилування при переміщенні рухомої опори на важіль 36. Якщо таким чином не вдається досягнути заданого значення кута α , можна вдатися до зміни відстані між віссю свердла та віссю коливання, що досягається вигвинчуванням штоку поршня гідроциліндра 1, який управляє переводом бабки виробу із завантажувальної позиції в робочу. Кут свердла при вершині настроюють за допомогою повороту корпусу головки виробу, а кут нахилу поперечної кромки – поворотом головки орієнтованого пристрою, який закріплений на кінці повзуна механізму завантаження.

Розглянемо роботу верстата в автоматичному режимі. При натисканні кнопки “Цикл” шток 28 переміщується вперед і завантажує чергове свердло в розкриту цангу шпинделя бабки виробу, яка знаходиться в завантажувальній позиції. Коли шток гідроциліндра дійде до крайнього положення, подається команда на затискання цанги. При цьому поршень 19 зміщується вліво, звільняючи тарілчасті пружини затискання цанги. Відведення штоку гідроциліндра 23 в початкове положення подає команду на переведення головки виробу в робочу позицію, що здійснюється гідроциліндрами 1 та 23. Далі вмикається гідродвигун 25, який приводить в обертання шпиндель виробу 22. Після одного оберту шпинделя і заточування обох зубів за сигналом безконтактного вимикача 34 від кулачка 35 гідродвигун вимикається, а головка переводиться в завантажувальну позицію. Гідроциліндр 19 розтискує цангу і цикл роботи повторюється. Після завершення одного або декількох циклів подається команда на правку шліфувального круга та компенсацію

його зношування. Після правки обробка продовжується автоматично.

Спеціальне обладнання для заточування фрез. Фрези є одним із самих розповсюджених видів різального інструмента та відрізняються великою різноманітністю типів і конструкцій. Проте, спеціальні заточувальні напівавтомати розроблені і випускаються для фрезерних головок*, кінцевих відрізних, прорізних фрез та пилок. Інші типи фрез, крім черв'ячних, заточують переважно на універсально-заточувальних верстатах.

Верстати для заточування фрезерних головок бувають двох основних типів: для поелементного заточування або для контурного та поелементного заточування.

При поелементному методі всі різальні кромки фрези (головні, допоміжні, перехідні та додаткові) заточують окремо – спочатку головні кромки на всіх зубцях і т.д.

При контурному методі всі різальні кромки кожного зуба заточують послідовно одну за одною. Ділення для обробки наступного зуба здійснюється після того, як шліфувальний круг зробив один або декілька проходів по всіх різальних кромках попереднього зуба.

Існують одно- та багатообертовий методи заточування.

При однообертovому методі після одного оберту фрези всі зуби будуть заточені. Знімання припуску в цьому випадку може здійснюватися врізним, глибинним і багатопрхідним шліфуванням. Якщо при багатопрхідному шліфуванні після кожного проходу відбувається ділення, то фреза заточується декількома обертами, тобто багатообертovим методом.

Метод поелементного багатообертovого заточування є найбільш простим для здійснення автоматизації, але найменш продуктивним із всіх існуючих методів заточування фрез.

Зазначені методи заточування і визначають множину конструкцій спеціалізованих верстатів для заточування фрезерних головок.

* Фрезерні головки – термін, що використовується для позначення всієї групи насадних фрез зі вставними зубцями (торцевих і дискових, дво- та тристоронніх), які заточуються на спеціальних верстатах.

В залежності від розміщення осі фрези випускають верстати з горизонтальною, вертикальною та нахиленою осями.

Верстати з горизонтальною віссю найбільш розповсюджені для заточування фрез діаметром до 630 мм, що випускаються Вітебським заводом верстатів (мод. 3E667, 3E667K), фірмою Walter та ін.

Напівавтомат 3E667, що працює торцем круга, призначений для поелементного та контурного заточування методами абразивної, алмазної, ельборової та абразивноерозійної обробки. Напівавтомат 3E667K призначений для копірного заточування фрез абразивним або алмазним дисковим кругом двокутового профілю. На цьому верстаті можна також проводити поелементне заточування фрез торцем круга.

Верстати з нахиленою віссю випускає фірма Indersooll, в яких кут нахилу фрези змінюється у відповідності з кутами ϕ_1 та ϕ_2 .

Для контурного безкопірного заточування торцевих та тристоронніх дискових фрез діаметром 200–100 м призначений напівавтомат з вертикальною віссю шпинделя ВЗ–126 (Вітебський завод верстатів). Заточування здійснюється торцем або периферією абразивного, алмазного або ельборового круга. На верстаті можна заточувати по задній поверхні голівні та допоміжні різальні кромки з радіусною перехідною кромкою між ними, фаски на передній поверхні, вести поелементе заточування прямолінійних різальних кромки і кругле шліфування.

Для заточування кінцевих фрез призначені напівавтомати моделей 3685, 3685Б, 3685Т та 3685Д розробки Одеського ВКБ спеціальних верстатів.

Напівавтомат 3685 призначений для заточування задніх поверхонь торцевих зубів кінцевих фрез діаметром 12–50 мм із швидкорізальної сталі або фрез, оснащених твердим сплавом. Заточування проводять конічною поверхнею абразивного, алмазного або ельборового круга з охолодженням. Кутова орієнтація заточувального торцевого зуба здійснюється по передній поверхні суміжного гвинтового зуба близько до торця фрези, яка притискається до нерухомої підпори за допомогою електричного моментного двигуна.

Напівавтомат мод. 3685Г призначений для заточування кінцевих фрез діаметром 12–50 мм із швидкорізальної сталі або фрез, оснащених твердим сплавом. На верстаті можна заточувати задні поверхні на калібрувальній частині розверток з прямим або гвинтовим зубом. Заточування проводиться торцем абразивного, алмазного або ельборового круга з притисканням передньої поверхні заточуваного зуба. Обробку ведуть з охолодженням.

Напівавтомат мод. 3685Д призначений для заточування передніх поверхонь гвинтових зубів кінцевих фрез діаметром 12–50 мм, а також для заточування передніх поверхонь розверток з прямим та гвинтовим зубом. Заточування проводиться торроїдальною поверхнею абразивного, алмазного або ельборового круга з притисканням заточувальної поверхні до шліфувального круга за допомогою моментного двигуна. Обробку ведуть з поливанням охолоджувальною рідиною на водяній основі.

Гама верстатів, що розглядаються, для заточування кінцевих фрез найбільш ефективно використовується в серійному спеціальному виробництві.

Верстати для заточування круглих пилок в залежності від характеру обертання пилок в процесі формоутворення і методу розподілення утворюють чотири групи (табл. 9.2).

Таблиця 9.2

Класифікація верстатів для заточування пилок

№ групи верстата	Обертання пилки під час заточування	Поділка	Інструмент, що заточується	Модель верстата
1	Відсутнє	Рухомої підпори	Круглі пилки, оснащені твердим сплавом	МЗ-15
2	Переривчастий	Те ж	Круглі сегментні пилки, стрічкові пилки	ВЗ-43
3	Переривчастий		Круглі сегментні пилки	МЗ-24 3692
4	Без переривання	Кінематичне	Дискові фрези, круглі сегментні пилки	ЗБ690 ЗБ692 ЗА694

В першу групу входять верстати, на яких в процесі заточування пилка нерухома. Рух поздовжньої подачі (прямолінійний) здійснює шліфувальний круг. Передні та задні поверхні заточують по операціях. За час заточування упор розміщується біля передньої поверхні наступного зуба і після відходу круга здійснює хід, повертаючи пилку на крок в напрямку, протилежному до робочого обертання. Під час ділення диск пилки пригальмовується, а потім затискується спеціальним гальмом поблизу зони обробки. Під час зворотного ходу упора виводиться із западини зуба в радіальному напрямку, щоб запобігти пошкодженню різальних кромки. Величини переднього і заднього кутів визначаються взаємним розміщенням пилки та шліфувального круга. На верстатах для заточування пилок до 1010 мм настройка досягається при повороті пилки навколо осі, що проходить через головну різальну кромку зуба, який заточується. При цьому вдається створити жорстку конструкцію шліфувальної бабки.

На ряді зарубіжних фірм регулювання кутів ведуть повертаючи шліфувальну бабку навколо аналогічної осі. Особливо доцільне таке компонування для заточування великих пилок. На верстатах першої групи заточування перехідних фасок ведеться внаслідок допоміжного повороту шліфувального круга.

Друга група включає верстати, в яких джерелом переривчастого обертання пилки також є рухома упора, проте обертання відбувається в момент обробки задньої поверхні. Тому форма спинки і величина заднього кута залежать від відносного характеру руху шліфувального круга і пилки. Під час заточування передньої поверхні пилка нерухома, величина переднього кута залежить від розташування вершини заточуваного зуба відносно напрямку переміщення шліфувального круга, упора здійснює зворотний хід і переходить у западину наступного зуба. В деяких випадках упора може працювати по спеціальному ділильному диску, який закріплений разом із заточуваною пилкою.

Перевагами верстатів другої групи є простота та зручність регулювання кута повороту при діленні шляхом зміни довжини ходу упори, незалежне регулювання переднього і заднього кутів. На верстатах цієї групи величина переднього кута

залежить від місця ходу упори, а заднього – від довжини ходу шліфувального круга. При наявності спеціальних пилкотримачів можна заточувати стрічкові пилки. Одним з головних недоліків верстатів другої групи є понижена продуктивність. Інерційні сили не дозволяють швидко повертати пилку при переривчастому обертанні. При заточуванні можливий відрив пилки від упори в кінці її ходу, що призводить до нестабільності геометричних параметрів. Крім того, між закінченням заточування задньої поверхні та початком заточування передньої поверхні необхідно витримувати паузу для виведення упори в радіальному або осьовому напрямку із западини пилки.

У зв'язку з недостатньо рівномірним обертанням пилки не вдається досягнути по задній поверхні шорсткість Ra менше 0,63 мкм.

У верстатах третьої групи пилка отримує обертання з перервами разом зі шпинделем пилкотримача, який приводиться в рух від спеціального зубчато-кулачкового механізму, що управляється зворотно-поступальним переміщенням шліфувальної бабки. Гітара зубчастих коліс дозволяє змінювати швидкість руху пилки таким чином, щоб на кожен її оберт приходило число подвійних ходів шліфувальної бабки, що дорівнює числу зубів пилки. Характер формоутворення та методи настройки кутів γ та α ті ж, що й у верстатах другої групи. Важливо відмітити, що у верстатах цієї групи майже незалежна настройка переднього і заднього кутів.

У верстатах четвертої групи безперервне обертання пилки створює передумови для досягнення високої продуктивності за рахунок збільшення швидкості обертання пилки і числа подвійних ходів шліфувальної бабки. Настройку числа зубів пилки проводять за допомогою гітари змінних коліс, що змінює швидкість обертання пилки. Існують два різновиди (підгрупи) верстатів цієї групи (рис. 9.16): a – з постійним нахилом шліфувальної бабки, яка здійснює зворотно-поступальний рух в осьовому і радіальному напрямках; b – з регульовальним або постійним кутом нахилу шліфувальної бабки, яка здійснює один радіально зворотно-поступальний рух.

У верстатах підгрупи 4а (мод. 3Б692 та 3А694) вектор результуючого поступального руху \bar{u} є сумою векторів радіального \bar{u}_p та осьового \bar{u}_o переміщень. У зв'язку з неспівпаданням профілів кулачків радіального \bar{u}_p та осьового \bar{u}_o переміщень напрямки результуючого вектора \bar{u} будуть змінюватися в процесі заточування, тобто $\lambda = var$, хоча $\lambda_p = const$, що значно вплине на кути γ та α . Широкі можливості варіації кутів γ та α є вартістю цих верстатів, створюють одночасно значні труднощі в настройці.

При постійних кулачках радіального і осьового переміщень шліфувальної бабки зміни довжини ходу досягаються за допомогою держаків зі змінними плечами. Довжину радіального ходу вибирають у відповідності з висотою зуба пилки. Регулюванням довжини осьового ходу добиваються одержання заданих передніх і задніх кутів, настройка яких є взаємозалежною. У верстатах підгрупи 4б (мод. 3Б690) для зміни заднього кута використовують змінні кулачки поступального переміщення шліфувальної бабки для трьох груп задніх кутів: 5–8°; 7–10° та 9–12°.

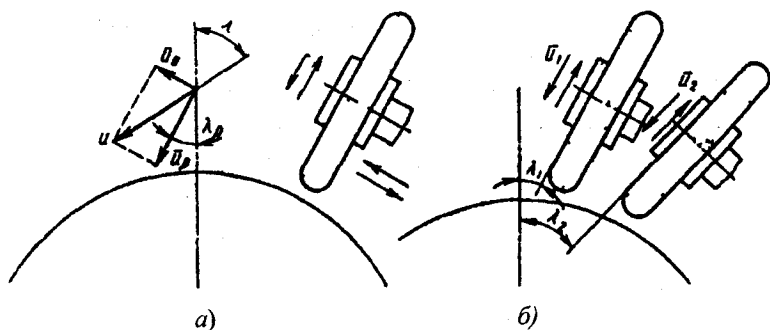


Рис. 9.16. Схема роботи верстата для заточування пилок:
 а – з постійним нахилом шліфувальної бабки, що здійснює осьовий і радіальний рухи; б – регульовальним нахилом шліфувальної бабки, що здійснює радіальний рух

В даний час автоматизація заточувальних операцій йде по шляху заточувальних верстатів з ЧПК.

Прикладом заточувального верстата з ЧПК, адаптованого для використання в ГВС, може бути верстат для заточування дискових пилок фірми Loroch*.

Обладнання для заточування зуборізального інструмента. Черв'ячні фрези заточуються в основному на спеціалізованих напівавтоматах і, тільки як виняток, на універсально-заточувальних верстатах, оснащених спеціальними пристроями.

Переважна більшість напівавтоматів, що випускається для заточування черв'ячних фрез, призначена для фрез як з гвинтовими, так і з прямими стружковими канавками.

На базі цих напівавтоматів фірми випускають спрощені модифікації для заточування фрез тільки з прямими стружковими канавками, які паралельні до осі фрези.

Всі фрези, що випускаються в теперішній час для заточування черв'ячних фрез з гвинтовими стружковими канавками і частина верстатів для заточування фрез з прямими канавками працюють за методом багатопрохідного шліфування з діленням на зуб після кожного подвійного ходу. У напівавтоматах останніх моделей, поряд з багатопрохідним заточуванням, передбачена можливість глибинного шліфування.

В останній час випускають верстати для заточування черв'ячних фрез з прямими канавками, які призначені тільки для глибинного шліфування торцем алмазного або ельборового круга. Ці верстати завдяки коротким кінематичним ланцюгам і завдяки використанню глибинного шліфування з дуже малою величиною радіальної складової сили різання забезпечують при високій продуктивності високу точність заточування.

За даними фірми Карр, на верстаті, який спеціально призначений для глибинного заточування фрез з прямими стружковими канавками, при заточуванні твердосплавної фрези $m = 6,0$ мм одержали наступні дані по точності: накопичена помилка кроку зубців – 7 мкм замість 50 мкм, передбачених стандартами, радіальність – 5 мкм замість 30 мкм; паралельність канавок осі фрези – 2 мкм замість 50 мкм.

* Loroch Massschneidfabrik GmbH, Josef Loroch Str. 1, D-69509 Morlenbach, Germany. ☎ 06209-7159-0. FAX 0 6209-5143. E-mail: LOROCH@comruserve.com.

Такі високі показники досить важко одержати на верстатах, які призначені для заточування фрез з гвинтовими канавками. Крім того, заточування торцем круга різко зменшує шорсткість заточеної поверхні в порівнянні із заточуванням конічною поверхнею круга.

Верстати для заточування черв'ячних фрез мають різноманітне компонування. По розміщенню осі шпинделя виробу розрізняють верстати з горизонтальним та вертикальним компонуваннями. Горизонтальне компонування мають всі моделі верстатів для заточування фрез з гвинтовими канавками. При такому компонуванні оправку із заточуваною фрезою встановлюють в центрах або в конічному отворі бабки виробу і підтискають центром задньої бабки. Верстати для заточування фрез з прямими канавками виконують як горизонтальними, так і вертикальними. Вертикальне виконання використовують у верстатах для заточування фрез малих та середніх модулів ($m = 12$).

За способом здійснення поздовжньої подачі верстати поділяються на верстати з рухомою шліфувальною бабкою і з рухомим столом. Верстати з рухомим столом мають великі габаритні розміри і масу в порівнянні з верстатами з рухомою шліфувальною бабкою.

При заточуванні фрез, що мають гвинтові стружкові канавки, поздовжнє переміщення шліфувальної бабки (стола) повинно бути з'єднане з поворотом шпинделя виробу. Цей зв'язок в більшості випадків здійснюється механічно двома способами. При першому способі обертання шпинделя виробу здійснюється від зубчастої зворотно-поступової рейки, що переміщається, і передається на шпиндель через систему зубчастих передач, до складу якої входить гітара змінних зубчастих коліс, що служить для можливості заточування фрез з різним кроком стружкових канавок.

При другому способі обертання рух шпинделя виробу здійснюється за допомогою регульованої синусної лінійки.

За першим способом працюють напівавтомати 3А662, 3А663П і верстати фірми Klingelberg. До недоліків цього способу відносяться: необхідність набору змінних зубчастих коліс; висока точність виготовлення зубчастих коліс в ланцюгу спіралевування, а також елементів гітари та її монтажу при наст-

ройці, труднощі одержання високої точності заточування при малих кроках стружкових канавок і тривалість настройки.

За другим способом працює напівавтомат мод. 3662, а також верстати фірми Карр. В ранніх моделях верстатів перетворення поступального переміщення повзунка, що рухаються по синусній лінійці, в обертовий рух шпинделя виробу здійснюється за допомогою металевих стрічок, які натягнуті на барабан, що кріпиться на шпинделі виробу. Головною перевагою цієї конструкції є велика плавність обертання шпинделя. Проте низька надійність конструкції, мала її жорсткість та неможливість заточування фрез з нашим кроком спіралі заставили відмовитись від їх використання у сучасних верстатах. У верстатах фірми Карр обертовий рух шпиндель виробу одержує безпосередньо синусною лінійкою через рейку і шестерні. Проте на цих верстатах, як на верстатах, що працюють за першим способом при малих кроках стружкових канавок, важко добитися плавного обертання шпинделя виробу із-за несприятливих кінематичних умов (крутий кут нахилу синусної лінійки, точне відношення шестерень).

Великі труднощі, що виникають при заточуванні на існуючому обладнанні фрез з невеликими кроками стружкових канавок, впровадження глибинного заточування з малими позовжніми подачами заставляють шукати нові схеми верстатів, які дозволяють заточувати фрези з прямими та гвинтовими канавками, що мають ω_0 до 45° , як багатопрохідним, так і глибинним методом, абразивним, алмазним та ельборовими кругами.

Так, фірма Карр сконструювала напівавтомат мод. ASA305, в якому спіралеутворення здійснюється за допомогою кулькового гвинта, який закріплений на станині і набирає оберти від гайки, що зв'язана через двоплечий важіль зі шліфувальними полозками. Шліфувальні полозки переміщаються від гідроциліндра. Кульковий гвинт з'єднаний через систему шестерень з черв'яком, що зачіплюється з черв'ячною шестернею, яка кріпиться на шпинделі виробу. Зміна кроку гвинтової стружкової канавки здійснюється зміною співвідношення плеча важеля. Для покращення роботи кульковий гвинт має допоміжне підкручування від гідроциліндра. Цей же гідродвигун забез-

печує малі швидкості переміщення шліфувальних полозок. Фірма Klingelberg запатентувала схему, в якій переміщення шліфувальних салазок здійснюється при великих кроках стружкових канавок від гідроциліндра, а при малих кроках і повільному поздовжньому переміщенні – від гідродвигуна, який обертає ходовий гвинт-рейку, встановлену на полозках. Обертання шпинделя виробу при переміщенні шліфувальних полозок від гідроциліндра проводиться рейковою передачею (ходовий гвинт виконує функцію рейки), в іншому випадку – безпосередньо від ходового гвинта через систему шестерень.

По іншому шляху пішла фірма Walter, яка виготовляє верстати з електрогидравлічним слідкуючим приводом повороту шпинделя виробу при заточуванні черв'ячних фрез з гвинтовими канавками. В розробленому фірмою автоматі мод. SK6 використовується схема, при якій поступальний рух шліфувальних полозок трансформується за допомогою синусної лінійки електрогидравлічного сервокерування в обертний рух шпинделя виробу при повній відсутності механічної передачі від лінійки на шпindel виробу. За даними фірми, кут повороту лінійки $\pm 23^\circ$ забезпечує плавне обертання шпинделя виробу при заточуванні черв'ячних фрез з кроком стружкової канавки від 125 до 17500 мм

За розміщенням робочої твірної шліфувального круга верстати поділяються на верстати з горизонтальним розміщенням робочої твірної шліфувального круга. У верстатах мод. 3664 та 3663П твірна круга нахилена на 20° до горизонту. У першому випадку переміщення на глибину стружкової канавки може здійснюватися переміщенням шліфувальної бабки (мод. AGW231, мод. 3663П та ін.) або столом (мод. 3Ф662 та ін.) із заточувальною фрезою. В іншому випадку це переміщення здійснюється вертикальним переміщенням колони, що несе шліфувальну бабку.

У верстатах фірм Karr та Walter нахил осі шпинделя можуть змінюватися від 0 до 20° . Це значно спрощує настройку верстата при його використанні для заточування фрез з прямими канавками торцем шліфувального круга.

Для заточування черв'ячних фрез з глухими стружковими канавками у верстатах фірм Kingelnberg, Карр передбачена схема обробки, зображена на рис. 9.17. При роботі за цією схемою заточування відбувається при русі круга з положення 1 в положення 2. Далі відбувається виведення круга із стружкової канавки в положення 4, ділення на зуб і введення круга в наступну канавку.

У зв'язку з появою фрез і нових важкооброблюваних марок сталей, використанням глибинного заточування і різних видів абразивних матеріалів, в тому числі алмазу й ельбору, зросли вимоги і до головного приводу верстатів для заточування черв'ячних фрез. Сучасний головний привод верстатів для заточування черв'ячних фрез з гвинтовими канавками повинен відповідати наступним вимогам: мати безступінчасте (або ступінчасте) регулювання швидкості в діапазоні 1–3, просту й зручну її зміну; мати невеликі габаритні розміри при підвищеній (у порівнянні з верстатами, що випускалися раніше) потужності; можливість роботи в масляному середовищі. Цій умові найкраще відповідають гідродвигуни, встановлені на верстатах фірми Klingelnberg і в останніх моделях верстатів фірми Карр (ASA305).

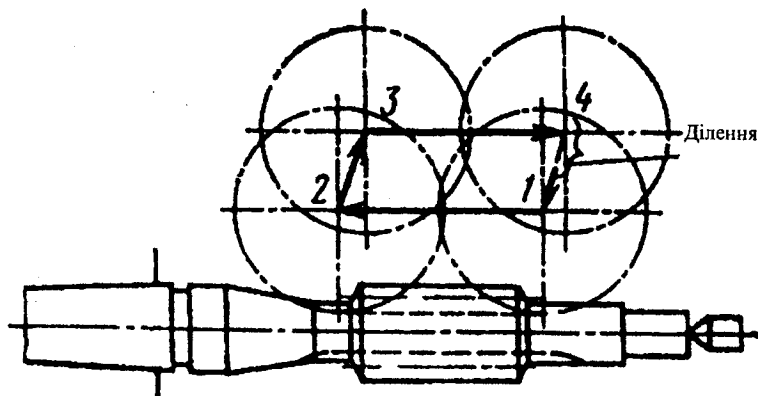


Рис. 9.17. Схема заточування черв'ячних фрез із глухими стружковими канавками

Вимоги до головного приводу у верстатах для заточування фрез з прямими канавками значно менш жорсткі. На таких верстатах можуть бути встановлені електродвигуни з частотним регулюванням або навіть зі ступінчастими шківками. Всі сучасні верстати мають добре огороження, що дозволяє працювати з великим охолодженням, яке досягає при глибинному заточуванні 200 л/хв (мод. ASA305). Як МОР рекомендується використовувати мінеральне масло з антизадирними й антистатичними присадками. Сучасні напівавтомати для заточування черв'ячних фрез мають високий ступінь автоматизації.

Розглянемо автоматичний цикл роботи напівавтомата на прикладі мод. AGW231, що має найбільш складний цикл роботи:

- 1) грубе шліфування;
- 2) грубе виходжування;
- 3) тонке шліфування;
- 4) тонке виходжування;
- 5) зупинка верстата після закінчення заточування.

Круг правиться автоматично через число зубів, що встановлене на лічильнику під час перших трьох стадій циклу. При тонкому шліфуванні швидкість правки в 5–10 разів менша швидкості правки при грубому шліфуванні. Всі величини, що визначають автоматичний робочий процес: число зубів, що заточується (подвійних ходів) між подачами на глибину різання, число подач на глибину різання, число обертів фрези при грубому, тонкому шліфуванні та виходжуванні, число зубів, що заточуються між двома правками зубів, встановлюються лічильними механізмами. Величину подачі на глибину встановлюють рукояткою по лімбу.

Верстат фірми Mikron мод. А-62 працює за наступною програмою: грубе шліфування, тонке шліфування, виходжування. Верстати СНД, а також верстати фірми Welter, Kapp працюють за програмою: шліфування, виходжування.

Верстати, спеціально призначені для заточування фрез із прямими канавками, мають, як правило, широкий набір програм заточування, що включає програму багатопрхідного заточування – грубе заточування, тонке заточування, виходжування, програму глибинного заточування, що складається з поєднання

повільного (робочий хід) і швидкого (холостий хід) поздовжніх переміщень. У більшості випадків ці верстати передбачають можливість поділення в обох крайніх положеннях шліфувальної бабки (стола). Верстат мод. А-62 передбачає комбінований спосіб заточування, при якому чорновий припуск знімається глибинним методом, а остаточна обробка проводиться методом багатопрохідного заточування.

У зв'язку з підвищенням вимог до точності фрез, що заточуються, продуктивності їх заточування в останні роки, досить гостро стало питання утворення спеціальних пристроїв для фасонної правки кругів. Тепер практично всі фірми поставляють ці пристрої зі своїми верстатами. Є два типи таких пристроїв: зі змінними копірами і, що є більш перспективним, зі переналагоджувальним копіром.

Переналагоджувальний копір фірми Карр – об'ємний копір, що повертається навколо вертикальної осі при настройці. Копір має різний профіль поверхні в різних осьових перерізах. Необхідний профіль вибирають за таблицями в залежності від профілю круга і поворотом копіра навколо вертикальної осі підводять до копірного ролика правлячого пристрою. Фірма Kingelberg має копір із ввігнутою циліндричною робочою поверхнею, що повертається при настройці навколо вертикальної та горизонтальної осей. Описані пристрої для профільної правки, що використовуються на верстатах СНД, наведені нижче при описанні напівавтомата мод. 3А662. Копіром в цьому пристрої є пластина, що згинається асиметрично відносно середньої точки. В більшості верстатів бабки виконані переставними по станині (столі) і мають рухому піноль. Всі фірми поставляють задні бабки з гідравлічним переміщенням пінолі.

Основним напрямком подальшого розвитку є створення верстатів з ЧПК. Верстати фірми Kingelberg AGW-231 та AGW-301 мають нерухому, жорстко закріплену на станині задню бабку з гідравлічним переміщенням пінолі від педалі. Хід пінолі дорівнює 130 мм.

Розробляють нову гаму верстатів з ЧПК для заточування черв'ячних фрез. В гаму входять як верстати для абразивної, так і алмазного заточування черв'ячних фрез з гвинтовими та прямими канавками, що працюють методами багатопрохідного

заточування, і верстати спрощеної конструкції, призначені тільки для заточування фрез з прямими канавками багатопрохідним і глибинним методами. При розробці конструкції верстатів основна увага приділяється розробці схеми верстата, що забезпечує плавність обертання шпинделя виробу в діапазоні кроків стружкових канавок 125–25000 мм, спрощену настройку верстата та скорочення допоміжного часу і часу настройки, підвищення рівня автоматизації, здійснення заточування фрез із глухими канавками тощо.

Довбачі з прямими зубами заточують в основному на універсальному обладнанні: плоскошліфувальних верстатах з круговим столом, універсально-заточувальних верстатах та ін. Косозубі довбачі можуть бути заточені на універсально-заточувальних верстатах, забезпечених спеціальним пристосуванням, і на спеціальних верстатах. Для заточування косозубих довбачів використовується напівавтомат мод. ЗР38М і напівавтомат фірми Mico-collette типу А.020. Обидва напівавтомати працюють за методом багатопрохідного заточування периферією абразивного круга з діленням на один подвійний хід верстата. Напівавтомат А.020 має два види виконання: тип *Е* – тільки для заточування косозубих довбачів (як і напівавтомат ЗР38М), тип *Д* – з двома позиціями, на одній з яких проводячи заточування косозубих довбачів, а на другій – прямозубих. При переході з однієї позиції на другу шліфувальну бабку розвертають на 90°. Напівавтомат А.20 розрахований на заточування як дискових довбачів, так і хвостових, і відрізняється високим ступенем автоматизації. Автоматичний цикл заточування косозубих довбачів на цьому верстаті включає заточування зі спадною подачею і виходжування без подачі. В циклі заточування передбачене грубе правлення, частота якого наструюється по реле рахунку, і тонка правка перед обертами виходжування. Для заточування парних зуборізних довбачів для шевронних коліс випускають верстат мод. ВЗ-112, що забезпечує окреме заточування фаски на гострій і канавки на тупій сторонах передньої поверхні зубів довбача. Всі переміщення у верстатах виконують вручну.

Напівавтомат мод. 3673 призначається для заточування довбачів всіх типів як з косими, так і з прямими зубами класу

парності А та АА в автоматичному циклі роботи, що включає також правку абразивного круга. Метод багатопрохідного шліфування косозубих довбачів з пошаровим зніманням припуску, що використовується в напівавтоматах, за велике число обертів заточуваного довбача припускається замінити більш продуктивним методом із зніманням припуску за один або два (чорновий та чистовий) оберти заточуваного довбача.

Для заточування різцевих зуборізних головок в СНД випускаються напівавтомати мод. ЗА666 та ЗБ665.

Напівавтомати забезпечують заточування зуборізних головок для конічних коліс з круговими зубами. Мод. ЗА666 розрахована також на заточування зуборізних головок для конічних коліс з прямими зубами. Заточування на напівавтоматах виконується конічною поверхнею абразивного круга типу 4Т, який осцилює в горизонтальній площині, з охолодженням. Заточувану зуборізну головку закріплюють на шпинделі бабки виробу і встановлюють в положення заточування. Для заточування двосторонньої головки необхідні дві установки: одна – для внутрішніх різців, інша – для зовнішніх різців, для заточування тристоронньої головки – три установки.

Заточування однойменних різців ділиться на два цикли: чорновий і чистовий, що відрізняються тільки величиною припуску, який знімається, і величиною поперечної подачі. Цикл чистового заточування включає виходження без подачі. Кожен цикл заточування автоматизований. У напівавтоматі мод. ЗА666 автоматичний цикл включає правку круга на початку циклу і зупинку верстата після закінчення циклу. У напівавтоматі мод. ЗБ665 кругом управляють вручну поза циклом його роботи. Знімання припуску в кожному циклі роботи відбувається за один оберт заточуваної головки при багатопрохідному шліфуванні. Кожен різець заточується за декілька подвійних коливань шліфувальної бабки при безперервній подачі врізання, закон зміни якої визначається профілем кулачка подачі. Величина припуску, що знімається за цикл, і режим обробки визначаються конструктивними параметрами верстата і не можуть змінюватися.

На автомобільних заводах експлуатується напівавтомат фірми Gleason № 532, який призначений для заточування тільки

зуборізних головок для конічних коліс з круговими зубами діаметром 5–9 мм. На відміну від напівавтомата мод. ЗА666 він має велику гнучкість при настройці. Напівавтомат мод. № 532 має вертикальне компонування, добре закриту зону обробки, що дозволяє працювати з великим охолодженням, забезпечує повністю автоматичний цикл роботи, що включає чорнове, чистове заточування та виходжування, а також грубе і тонке правлення круга. На пульті керування встановлюють величину шару, що знімається при чорновому заточуванні припуску (до 0,75 мм), число заточувальних при чорновій і чистій обробці різців, а також число різців, що заточуються між правками круга. Також як напівавтомат мод. ЗА666, напівавтомат мод. № 532 працює методом багатопрхідного заточування при зніманні всього чорнового припуску за один оберт головки. Після чорнового заточування відбувається тонка правка круга, невелика постійна подача на знімання при чистому заточуванні.

На заміну мод. ЗА666 створено напівавтомат для абразивного заточування з повністю автоматичним циклом роботи, що включає чорнове та чистове заточування та виходжування, а також правку шліфувального круга. Напівавтомат повинен передбачати можливість зміни режиму обробки і припуску, що знімається, в залежності від марки оброблюваної сталі та величини зношення різців. Особливу увагу приділено заходам по зменшенню допоміжного часу, який йде на закріплення різцевої головки і на установку її в положення заточування.

Обладнання для заточування мітчиків та плашок. Передню поверхню мітчика заточують як методом багатопрхідного шліфування в одну або дві операції (чорнова – абразивним інструментом, чистова – ельборовим), так і методом глибинного шліфування (за один–три проходи) абразивним або ельборовим інструментом. Особливо ефективне ельборове глибинне заточування мітчиків невеликих і середніх діаметрів. Задні поверхні різальної частини мітчика заточують (затилюють) периферією абразивного круга типу ПП. Використовують дві схеми затилювання мітчиків з прямими канавками: радіальну та осьову.

При радіальному затилюванні (рис. 9.18, а) утворення спаду на затилку відбувається в результаті складання двох рухів:

обертання мітчика з постійною кутовою швидкістю і поперечного руху шліфувального круга (мітчика), який складається з двох фаз: рівномірного руху в напрямку осі мітчика при його повороті на кут, що відповідає ширині пера, і швидкого відскоку при вході у западину. При осьовому затилуванні рухи затилування і відскоку здійснюються вздовж осі мітчика.

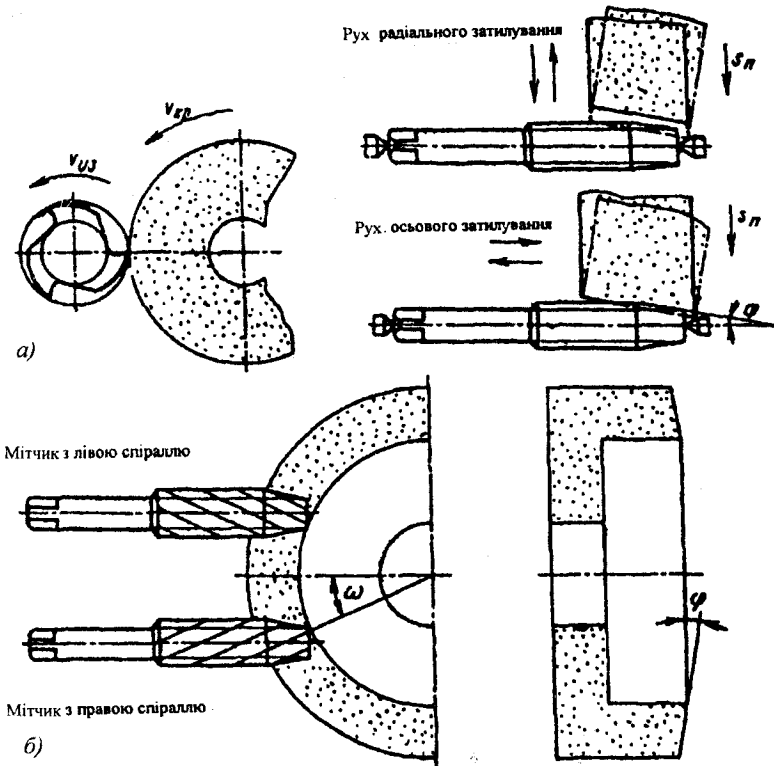


Рис. 9.18. Схема затилування мітчиків: а – з прямими канавками; б – з гвинтовими канавками

В обох випадках затилування можна проводити як прямим кругом, вісь якого розміщується під кутом φ до осі мітчика, так і кругом, профіль якого заправляється під кутом φ . У напівавтоматах СНД використовують обидві схеми затилування. Так,

у напівавтоматах 4М та МФ-143 використовується радіальне затилування, у напівавтоматі СІ-018 – осьове.

Радіальна схема затилування має значні переваги у порівнянні з осьовою схемою. При радіальній схемі забезпечується в декілька разів менше переміщення зуба, який затилується, що дозволяє, з одного боку, зменшити швидкість цього зуба, покращуючи умови роботи напівавтомата, а з другого боку, збільшити частоту обертання мітчика і тим самим підвищити продуктивність напівавтомата. При радіальному затилуванні зменшується необхідна ширина круга, відпадає необхідність в додатковому обертанні мітчика з гвинтовими канавками та ін. У нових вітчизняних розробках прийнята схема радіального затилування.

При затилуванні мітчиків з гвинтовими стружковими канавками шліфування можна проводити периферією круга прямого профілю або заправленим на конус торцем чашкового круга (рис. 9.18, б). В обох випадках твірна поверхні шліфувального круга повинна бути розгорнута вздовж гвинтової лінії. Проте, якщо при заточуванні торцем круга ця операція здійснюється простим зміщенням осі мітчика відносно осі шліфувального круга, то при заточуванні периферією круга для цього необхідно повертати шліфувальний шпindel і механізм правки, що призводить до значних ускладнень в конструкції верстата, його експлуатації та налагодці.

Круглі загартовані плашки заточують абразивними, алмазними і ельборовими кругами. Заточування (затилування) задніх поверхонь плашок проводять тільки один раз – при виготовленні плашки. На сьогодні існує два способи затилування плашок: циліндричним шліфувальним кругом (рис. 9.19, а) форми ПП діаметром 4–25 мм (в залежності від діаметра плашки) і кругом форми ПД, заправленим на конус (рис. 9.19, б).

При обох способах затилування здійснюється рухом вздовж осі плашки. При шліфуванні циліндричною поверхнею круга він повертається на кут φ . В процесі шліфування круг періодично правлять, діаметр його, а отже, і швидкість різання різко зменшуються. При затилуванні конічною поверхнею круг правлять на конус з кутом, що дорівнює куту φ забірною конуса плашки. Осі плашки і круга розміщують паралельно.

Використання для затилування круга, заправленого на конус, дає великі переваги. Зовнішній діаметр круга може бути досить великим, що робить можливим використання жорстких оправок і зменшує номенклатуру кругів, швидкість різання в цьому випадку не залежить від зношування круга. Постійність швидкості різання забезпечує постійність стійкості круга та якості заточеної поверхні, збільшується час роботи одного круга, оскільки збільшується його стійкість і можлива кількість правок, що скорочує час на зміну кругів та їх попередню правку.

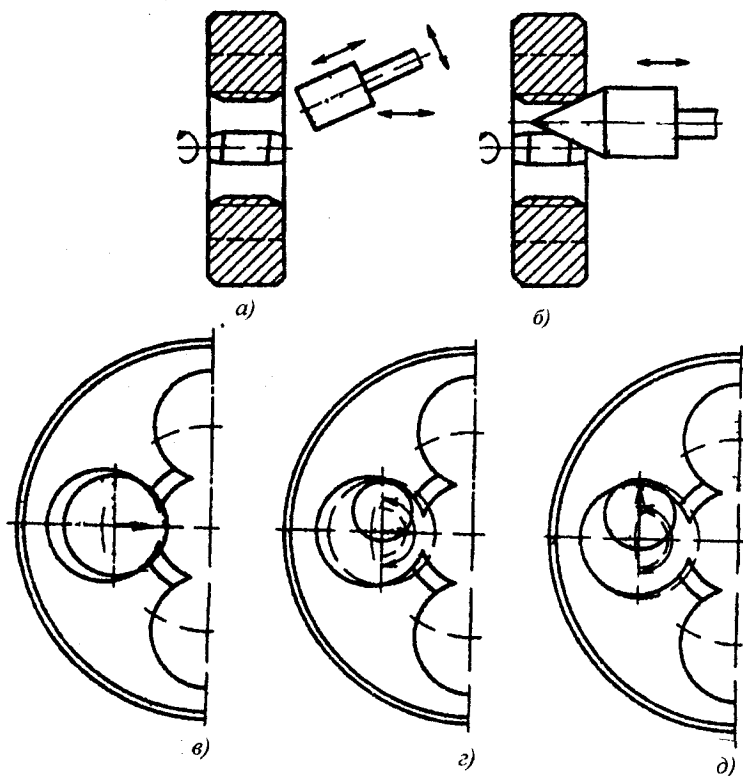


Рис. 9.19. Схема заточування плашок: а, б – затилування;
в, г, д – заточування передніх поверхонь

Передні поверхні плашки заточують кругом форми ПП діаметром 2,5–20 мм. Досить ефективно для заточування передніх поверхонь використання алмазних кругів. Передня поверхня плашок може бути прямолінійною (рис. 9.19, а) або криволінійною (рис. 9.19, б). Строк служби плашок з прямолінійною поверхнею довший, ніж з криволінійною, проте процес її заточування значно повільніший і практично не піддається автоматизації.

При автоматичному заточуванні криволінійних передніх поверхонь плашки використовують три схеми шліфування. Всі схеми шліфування забезпечують одночасне заточування одним кругом двох зубів. При заточуванні за першою схемою (рис. 9.19, в) передня поверхня утворюється копіюванням поверхні круга при його радіальному переміщенні. В цьому випадку величина переднього кута залежить від діаметра круга. При заточуванні за другою схемою (рис. 9.19, г) обробка відбувається при зворотно-коливальному шліфуванні круга відносно осі, що розміщена ексцентрично до осі стружкового отвору, і радіальній подачі осі коливальному русі шліфувального круга. При заточуванні за другою схемою геометрія поверхні, що заточується, не залежить від діаметр круга, є можливість регулювання величини переднього кута шляхом зміщення центра колювання. При заточуванні за третьою схемою (рис. 9.19, д) обробка проводиться при зворотно-коливальному русі шліфувального круга відносно осі, яка розміщена в центрі або ексцентрично до осі стружкового отвору. Радіус колювання під час заточування безперервно збільшується.

Недоліки першої схеми очевидні. Суттєвий недолік другої схеми полягає в тому, що при великому кроку різьби не забезпечується необхідна висота заточування плашки (1,5 висоти профілю різьби). Третя схема обробки забезпечує необхідну висоту заточування на всьому діапазоні розмірів плашок, дозволяє обробляти плашки з великими припусками і відхиленнями положення стружкових отворів, забезпечує раціональний метод знімання припуску.

До останнього часу мітчики і круглі плашки (в тому числі і на інструментальних заводах) в основному заточувались на

універсально-заточувальних верстатах з використанням спеціальних пристроїв або на простих спеціальних верстатах: мод. 4М – для затилування мітчиків; мод. 7Б – для затилування круглих плашок; мод. 27А – для заточування круглих плашок по передніх поверхнях, широко відомих і неодноразово описаних в літературі. Крім того, експлуатується декілька моделей напівавтоматів для заточування та затилування мітчиків.

Контрольні запитання

1. Дайте характеристику технологічним принципам побудови ГВС.
2. Назвіть основні задачі, які вирішуються при проектуванні технологічних процесів.
3. Дайте характеристику основним методам проектування технологічних процесів.
4. Назвіть основні операції обладнання заготівельного циклу технологічного процесу.
5. Дайте характеристику спеціального обладнання, що використовується при основних формоутворюючих операціях.
6. Дайте характеристику спеціального обладнання для заточування різців.
7. Дайте характеристику спеціального обладнання для заточування свердел.
8. Дайте характеристику спеціального обладнання для заточування фрез.
9. Дайте характеристику обладнання для заточування мітчиків і плашок.
10. Дайте характеристику обладнання для заточування зуборізного інструмента.

Глава 10

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТИПОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ

10.1. Різці

Технологічний процес виготовлення прохідних відігнутих різців з напаяними пластинками твердого сплаву включає:

1. Відрізки заготовки.
2. Кування головки різця, відпал.
3. Фрезерування опорної площини державки.
4. Фрезерування верхньої площини державки.
- 5–6. Фрезерування головної та допоміжної задніх граней.
7. Фрезерування гнізда під твердосплавну пластинку.
8. Зачищення задирок.
9. Напаявання пластинки.
10. Очищення різця.
11. Попереднє заточування різця.
12. Кінцеве заточування різця.
13. Контроль та маркування.

Головку різця одержують шляхом штампування – спочатку загинають головку, а потім штампують задні кути і обрізають облой. При малих партіях головки різців обробляються фрезеруванням. При цьому загинання головки проводять шляхом кування.

Фрезерування опорних площин проводиться твердосплавними торцевими фрезами. Одночасно фрезерується декілька державок, що кріпляться в пристрої. Обробка опорних площин з великою продуктивністю може проводитися на карусельно-шліфувальних верстатах торцем круга. Задні поверхні державок різця обробляються фрезеруванням. Одночасно фрезерується декілька заготовок, що кріпляться в пристрої. Для установки різця в необхідне положення використовуються два змінні клини, розміщені у двох взаємно перпендикулярних площинах. Використовуються також машинні поворотні лещата, що дозволяють при встановленні здійснювати повороти державки навколо трьох взаємно перпендикулярних осей. Пази під пластинку фре-

зеруються. Відкриті пази у декількох державок одночасно фрезуєються в поворотному пристрої на горизонтально-фрезених верстатах. Обробку закритих пазів ведуть кінцевими фрезами, діаметр яких відповідає радіусу заокруглення паза. Для встановлення державки під відповідними кутами використовуються поворотні лещата або пристрої.

Кінцеве надання головці необхідної форми проводиться при заточуванні та доведенні різців. Необхідно прагнути до того щоб площа державки, яка шліфується, разом з пластинками із твердого сплаву була якомога меншою. Цьому сприяє заточування державки на кут, що підвищує кут заточування пластинки на $2-5^\circ$.

Технологічний процес заточування включає заточування головної та допоміжної задніх площин, доведення передньої поверхні по фасці, доведення головної задньої поверхні та радіуса при вершині.

Контроль геометрії головки різців здійснюється універсальними або спеціальними кутомірами, чи простими кутовими шаблонами. Припуски на заточування різців наведені в табл. 10.1.

Таблиця 10.1

Припуски на переточування токарних різців

Інструментальний матеріал	Поверхня, що заточується	Величина сточування за одне переточування, мм					
		10x16	12x20	16x25	20x30	25x40	30x45
Твердий сплав	Передня та задня	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
Швидко-різальна сталь	Передня та задня	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6

Технологічний процес виготовлення збірних різців з багатограничними пластинками включає обробку державок, елементів кріплення і зборку інструмента. Такі різці використовуються на верстатах з ЧПК. Особливістю процесу виготовлення державок цих різців є більш ретельна обробка опорних і бокових поверхонь та гнізда під пластинку. Ці поверхні після фрезерування

шліфуються попередньо, а потім, після термічної обробки, шліфуються остаточно на плоскошліфувальному верстаті. З метою підвищення продуктивності обробка головки різця проводиться на багатоцільовому вертикально-свердильно-фрезерному верстаті з ЧПК. На них фрезеруються гнізда під захват та під пластину, свердлиться отвір під кріпильний гвинт, нарізається різьба тощо.

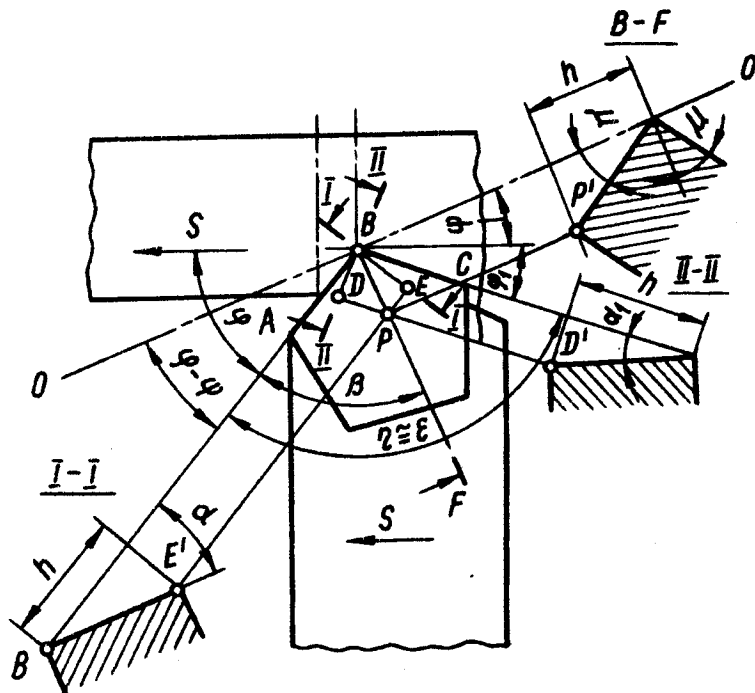


Рис. 10.1. Схема установки багатогранної пластини на державці різця

Положення багатогранної пластини визначається поворотом її відносно опорної площини державки навколо осі I-I на кут μ . Положення осі повороту визначається кутом β (рис. 10.1):

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\alpha \cdot \sin\eta}{\operatorname{tg}\alpha_1 + \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\eta};$$

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sin\beta},$$

де

$$\eta = 180 - (\varphi + \varphi_1);$$

α – головний задній кут;

α_1 – допоміжний задній кут;

φ – головний кут в плані;

φ_1 – допоміжний кут в плані.

Технологічний процес виготовлення фасонних різців

Для круглого фасонного різця з твердосплавною робочою частиною технологічний процес включає:

1. Відрізку заготовки.
2. Токарну обробку втулки.
3. Напаювання твердосплавного кільця.
4. Токарну обробку ступінчастого отвору і торців.
5. Шліфування профільної поверхні на периферії твердосплавного кільця.
6. Електроерозійну обробку.
7. Заточування передньої поверхні.
8. Маркування.

Пруток (сталі 45, 40Х) розрізається на декілька заготовок-втулок. З прутка виточуються заготовки втулок без отвору. Далі здійснюється напаювання сталеві заготовки з твердосплавним кільцем, яке має фасонну зовнішню поверхню та виїмку під передню поверхню.

Токарна обробка отвору виконується за 7-им квалітетом точності. Профільна поверхня різця обробляється алмазним кругом на профільному шліфувальному верстаті при обертанні оброблюваного інструменту. Отвори фасонних різців обробляються на електроерозійних верстатах. Заточування передньої

поверхні виконують на універсально-заточувальному верстаті в циліндричній багатомісній оправці.

При виготовленні призматичних фасонних різців з твёрдосплавною або швидкорізальною робочою частиною окремо обробляються заготовки корпусу і різальної частини, а потім, після зварювання чи напаявання, обробляється весь різець.

Вихідна заготовка корпусної частини різців зі сталі 45 відрізається з круглого прокату і потім вона кується, після чого набуває призматичної форми. Після фрезерування площин, “хвоста ластівки”, виїмки та фасок заготовка розрізається на окремі частини довжиною, що відповідає кресленню корпусу різця. В цій заготовці фрезерується прямокутний паз під швидкорізальну або твёрдосплавну пластину, а також скіс по передній поверхні. На установці ТВЧ припаюється твёрдосплавна пластина. Пластина із швидкорізальної сталі припаюється в соляній ванні. При цьому виконується і термообробка корпусу.

Шліфування профілю виконують на профіleshліфувальних або оптикопрофіleshліфувальних верстатах.

В останні роки при виготовленні різців розповсюджується використання методів порошкової металургії.

Виготовлення корпусів різних конструкцій різців із залізного порошку відрізняється низькою трудомісткістю процесу в порівнянні з трудомісткістю виготовлення їх з прокату. Пресування заготовок проводять в спеціальних одно- або багатомісних прес-формах при тиску 800–1000 МПа.

Методами порошкової металургії одержуються також різальні елементи зі швидкорізальної сталі. Вони відрізняються однорідною дрібнозернистою структурою, високими механічними властивостями та підвищеною (в 1,5–3 рази) стійкістю.

Виготовлений із спеченої, зокрема швидкорізальної, сталі інструмент піддають загартуванню та триразовому відпуску.

10.2. Спіральні свердла

Технологічні процеси виготовлення спіральних свердел відрізняються в залежності від типу, розмірів і точності їх виконання.

Один з варіантів та послідовність обробки швидкорі-
зальних свердел з конічним хвостовиком може бути наступною:

- 1–2. Відрізання заготовок для робочої та хвостової частин.
 3. Очищення під зварювання робочої та хвостової частин (галтування).
 4. Обточування уступа під зварювання у заготовки більшого діаметра.
 5. Зварювання, обточування напливу біля зварювального шва.
 6. Відпал.
 7. Правка заготовки.
 8. Підрізання торця зі сторони хвостовика.
 9. Центрування заготовки (обточування зовнішніх центрів).
 10. Обточування робочої частини по діаметру.
 11. Обточування хвостовика на конус шийки та лапки.
 12. Фрезерування лапки.
 13. Фрезерування канавок для стружки.
 14. Фрезерування спинки зуба.
 15. Термообробка.
 16. Шліфування внутрішніх та зовнішніх центрів.
 17. Шліфування конічного хвостовика.
 18. Шліфування робочої частини по діаметру із зворотною конусністю.
 19. Заточування свердла.
 20. Контроль, маркування та упаковка.
- За базу для обробки спіральних свердел приймають центрові отвори або зовнішні центри (табл. 10.2).
- В залежності від можливостей виробництва фрезерування канавок для стружки і спинки зуба (для одержання напрямних стрічок) може виконуватись на спеціальних або на універсально-фрезерних верстатах. На спеціальних верстатах фрезерування ведеться одним з наступних способів:
1. Фрезерування однієї канавки та однієї спинки зуба одночасно.
 2. Фрезерування одночасно двох гвинтових канавок.
 3. Одночасне фрезерування двох гвинтових канавок та двох спинок зуба свердла.

Таблиця 10.2
Зовнішні центри зі сторони робочої частини
спіральних свердел

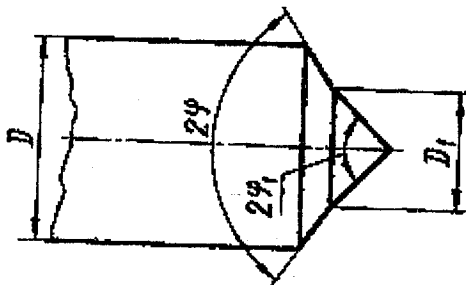


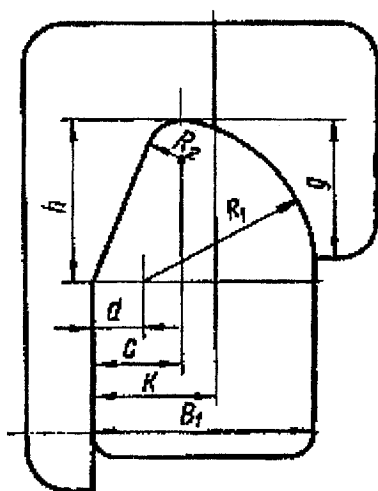
Схема вишлифовування стінок свердел

Діаметри свердел D , мм	Діаметр центра D_1 , мм	Куты при вершині		Припуск на заточування, мм
		2φ	$2\varphi_1$	
1–8	$D_1=D$	120°	–	0
8–14	$D_1=D$	90°	–	$0,21D_1$
14–50	$D_1=14$	90°	120°	$0,21D_1$
50–80	$D_1=14$	90°	120°	$0,21D_1$

На універсально-фрезерних верстатах кожна канавка і спинка зуба фрезерується окремо за допомогою одно- або багатшпindelних головок. Профіль фасонних фрез для обробки канавок залежить від форми профілю канавок і кута їх нахилу. Для стандартних свердел шаблони і контршаблони до фрез для канавок наведені у табл. 10.3.

Фрези для фрезерування канавок можуть бути гострокінцевими або затилованими. Кут установки фрези приймають меншим на 1° кута підйому гвинтової канавки. У свердлах діаметром понад 45 мм канавки фрезеруються в два проходи, а діаметром понад 60 мм – за три.

Таблиця 10.3

Шаблони та контршаблони до фрез
для канавок свердел (мм)

Діаметр свердла, мм	Діаметр фрези, мм	B_1	R_1	R_2	d	c	k	h	g
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3-3,3	30	3,53	2,16	0,68	1,37	1,95	2,18	2,07	2,1
3,3-3,5		3,72	2,33	0,73	1,39	2,02	2,27	2,23	2,3
3,5-3,8		3,93	2,50	0,79	1,43	2,10	2,37	2,39	2,4
3,8-4,0		4,12	2,67	0,84	1,45	2,15	2,46	2,56	2,6
4,0-4,3		4,15	2,47	1,05	1,68	2,30	2,55	2,39	2,4
4,3-4,5		4,34	2,67	1,11	1,72	2,48	2,65	2,54	2,6
4,5-4,8		4,53	2,77	1,17	1,76	2,45	2,74	2,69	2,7
4,8-5,0		4,72	2,92	1,24	1,80	2,53	2,84	2,83	2,9
5,0-5,3		5,41	3,07	1,30	2,34	3,11	2,93	2,98	3,0
5,3-5,5		5,60	3,22	1,36	2,38	3,18	3,52	3,12	3,2
5,5-6,0		5,87	3,43	1,45	2,44	3,30	3,66	3,32	3,3
6,0-6,5		6,32	3,80	2,08	2,52	4,02	4,02	3,78	3,8
6,5-7,0		6,70	4,10	2,25	2,60	4,22	1,22	4,08	4,1
7,0-7,5		7,08	4,40	2,42	2,68	4,42	4,42	4,38	4,4

Закінчення табл. 10.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7,5–8,0	40	7,97	4,71	2,58	3,26	5,12	5,12	4,68	4,7	
8,0–8,5		8,63	5,33	2,75	3,30	4,23	4,23	5,23	5,25	
8,5–9,0		9,03	5,66	2,91	3,37	4,42	4,42	5,55	5,65	
9,0–9,5		9,43	5,98	3,08	3,45	4,62	4,62	5,87	5,90	
9,5–10,0		9,83	6,30	3,25	3,53	4,82	4,82	6,19	6,20	
10,0–10,5		7,84	6,15	1,33	1,69	3,07	5,38	5,95	5,8	
10,5–11,0		8,18	6,45	1,40	1,73	3,18	5,60	6,24	6,1	
11,0–11,5	50	8,51	6,75	1,46	1,76	3,27	5,80	6,53	6,4	
11,5–12,0		8,86	7,05	1,53	1,81	3,39	6,03	6,82	6,7	
12,0–12,5		9,19	7,35	1,59	1,84	3,49	6,25	7,11	7,0	
12,5–13,0		9,52	7,65	1,66	1,87	3,59	6,45	7,40	7,3	
13,0–13,5		9,86	7,95	1,72	1,91	3,69	6,67	7,69	7,6	
13,5–14,0		10,21	8,25	1,79	1,96	3,81	6,90	7,98	7,8	
14,0–14,5		10,54	8,55	1,85	1,99	3,91	7,12	8,27	8,1	
14,5–15,0	70	10,87	8,85	1,91	2,02	4,01	7,33	8,56	8,4	
15,0–15,5		11,93	8,44	1,83	3,49	4,02	5,28	8,43	6,4	
15,5–16,0		12,79	8,72	1,89	3,57	4,12	5,42	8,70	6,6	
16,0–16,5		12,65	9,00	1,95	3,65	4,22	5,56	8,98	6,8	
16,5–17,0		13,00	9,27	2,01	3,73	4,32	5,70	9,26	7,0	
17,0–17,5		13,40	9,55	2,07	3,85	4,45	5,87	9,53	7,2	
17,5–18,0		13,73	9,83	2,13	3,90	4,52	5,98	9,81	7,4	
18,0–18,5	80	14,08	10,10	2,19	3,98	4,62	6,12	10,08	7,6	
18,5–19,0		14,43	10,38	2,25	4,05	4,71	6,26	10,36	7,8	
19,0–19,5		14,48	10,66	2,31	4,14	4,81	6,40	10,64	8,0	
19,5–20,0		15,16	10,94	2,37	4,22	4,91	6,54	10,91	8,2	
20,0–20,5		15,51	11,21	2,43	4,30	5,01	6,68	11,91	8,4	
20,5–21,0		15,87	11,49	2,49	4,38	5,11	6,82	11,47	8,6	
21,0–21,5		16,24	11,77	2,55	4,47	5,21	6,96	11,74	8,8	
21,5–22,0	90	16,59	12,04	2,61	4,55	5,31	7,10	12,02	9,0	
2,0–22,5		16,95	12,32	2,67	4,63	5,41	7,24	12,30	9,2	
22,5–23,0		17,31	12,60	2,73	4,71	5,51	7,38	12,57	9,4	
23,0–23,5		17,66	12,87	2,79	4,79	5,60	7,52	12,85	9,6	
23,5–24,0		18,81	13,95	2,85	4,86	5,70	7,66	13,13	9,8	
24–25		85	18,66	14,08	3,40	4,58	6,32	10,68	13,95	9,8
25–26			19,19	14,56	3,54	4,63	6,54	11,08	14,52	10,2
26–27	20,12		15,24	3,68	4,88	6,76	11,48	15,08	10,6	
27–28	90	20,84	15,81	3,82	5,03	6,98	11,88	15,65	11,0	
28–29		21,41	15,53	4,27	5,88	7,33	12,48	15,44	11,4	
29–30		22,12	16,03	4,42	6,04	7,54	12,88	15,98	11,8	

Фрезерування спинки зуба проводиться у свердел діаметром понад 12 мм. У свердел менших розмірів спинка обробляється тільки шліфуванням, у свердел діаметром менше 0,7 мм спинка зуба не робиться. Фрезерування спинки зуба може проводитися фасонною фрезою, дисковою тристоронньою та конічною фрезою.

При вишліфовуванні спинки (рис. 10.2) свердло з магазину за допомогою підсилювача 7 подає заготовку в обертовий патрон 6 і напрямку втулку 2. В патроні свердло орієнтується по канавках двома підпружиненими фіксаторами 5, а у втулці – штифтом 4. Штовхач 1 подає заготовку вправо, шліфувальний круг 3 вишліфовує першу спинку. Далі заготовка в обертовому патроні повертається на 180° і шліфується інша спинка зуба. Канавки для стружки свердел точного виконання обробляються шліфуванням.

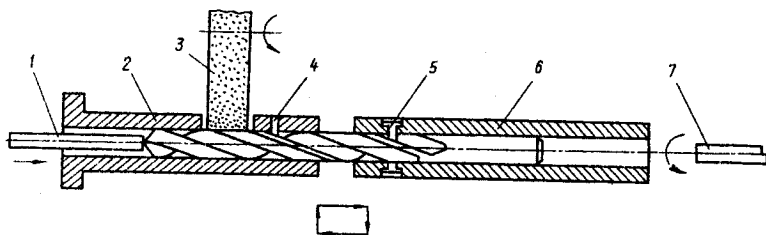


Рис. 10.2. Схема вишліфовування спинок свердел

Вишліфовування канавок (рис. 10.3) на циліндричних заготовках проводиться після їх термічної обробки до HRC 62–66.

Високу продуктивність та економію швидкорізальної сталі забезпечують процесом виготовлення свердел методами пластичної деформації.

Метод поздовжньо-гвинтового прокатування (рис. 10.4) полягає в тому, що повний гвинтовий профіль свердел прокочують за один прохід з одного нагрівання між двома парами протилежних роликів (сегментів). Відносно заготовки сегменти встановлюються під кутом підйому канавки. Два сегменти канавки та два сегменти спинок прокочують повний профіль

свердла в напрямку від хвостовика до вершини свердла. Довжина дуги сегментів перевищує довжину розгорнутої гвинтової канавки свердла. В результаті спаду затилка по довжині дуги сегментів забезпечується поступове збільшення діаметра серцевини свердла від різальної частини до хвостовика.

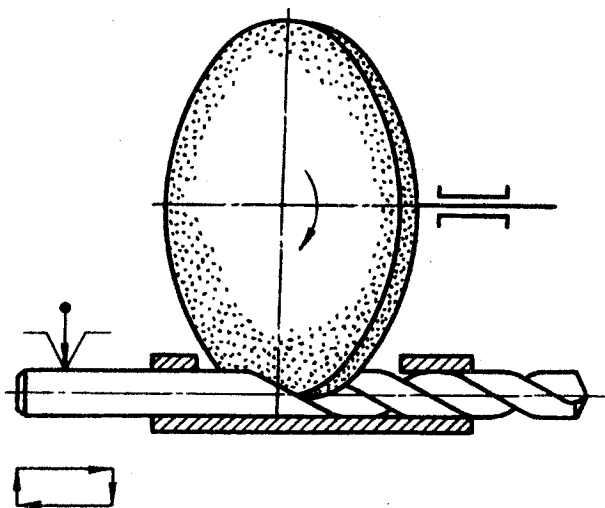


Рис. 10.3. Схема вишліфовування канавок свердел

Технологічний процес виготовлення свердел з циліндричним хвостовиком діаметром 5–10 мм методом поздовжньо-гвинтового прокату включає:

1. Відрізання заготовок.
2. Знімання фасок з двох сторін.
3. Знежирення заготовок.
4. Прокатування профілю свердла на верстатах.
5. Термічну обробку.
6. Відрізання додатку з боку робочої частини з одночасним витриманням кута при вершині 2ϕ .
7. Шліфування робочої та хвостової частин з утворенням зворотної конусності.
8. Маркування та упаковку.

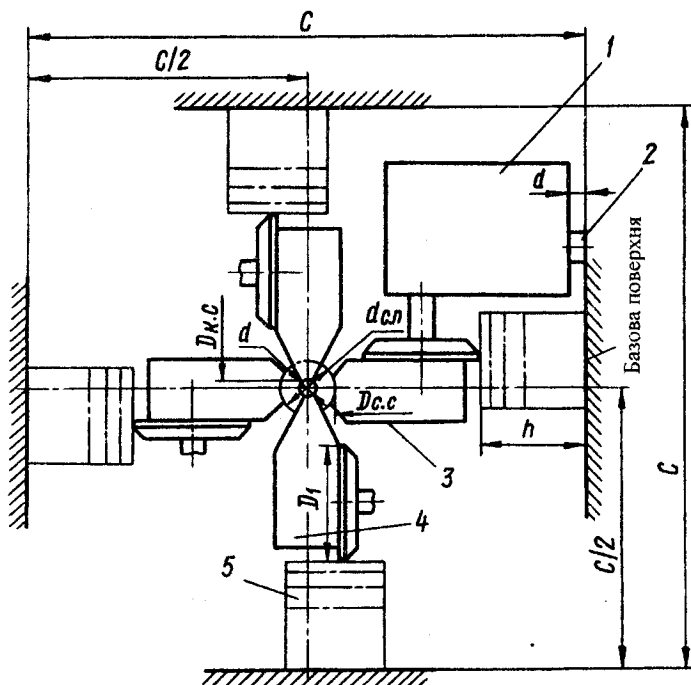


Рис. 10.4. Схема поздовжньо-гвинтового прокатування свердел

Цілі твердосплавні свердла малого діаметра з циліндричним хвостовиком обробляються алмазними кругами. Заготовки служать циліндричні твердосплавні стрижні. Технологічний процес виготовлення таких інструментів включає:

1. Чорнове шліфування по діаметру.
2. Шліфування базових поверхонь – зовнішніх центрів зі сторони хвостової (з кутом 75°) і робочої (з кутом 100°) частин, в цанговому патроні.
3. Напівчистове шліфування робочої частини по діаметру.
4. Шліфування хвостової частини в центрах.
5. Чистове шліфування робочої частини з утворенням зворотної конусності в центрах.
6. Вишліфовування канавок для стружки і спинок заготовок свердел.

7. Заточування задньої поверхні та підточування перемички.

8. Очищення свердел в ультразвуковій ванні.

Профіль алмазного круга діаметром 125 мм для вишліфовування канавок для свердел діаметром 1–5 мм показано на рис. 10.5, а. Даний профіль має наступні параметри: $\beta = 13-15^\circ$, $\tau = 0,85D$, $a = 0,7D$, $h \geq 0,5D$, де D – діаметр свердла. Профіль алмазного круга для вишліфовування спинок показано на рис. 10.5, б. При вишліфовуванні канавок круг встановлюється на кут нахилу гвинтової канавки з допоміжним розворотом на $2^\circ-3^\circ$, щоб уникнути підрізання передньої поверхні свердла.

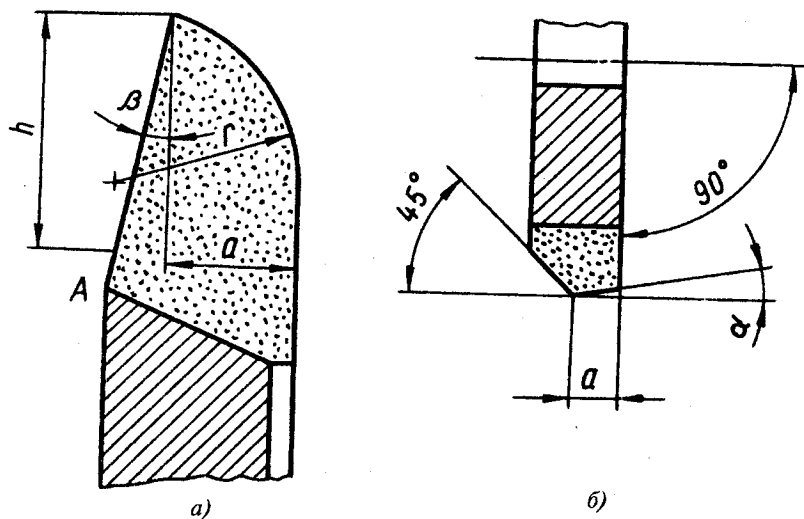


Рис. 10.5. Профіль алмазних кругів:
а – для вишліфовування канавок; б – для вишліфовування спинок свердел

Заточування задніх поверхонь свердла проводиться по площинах, конічних та гвинтових поверхнях.

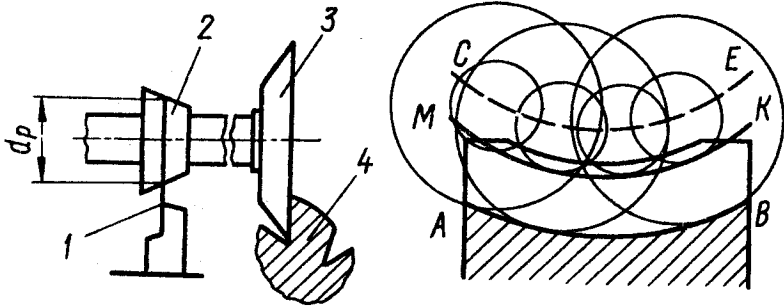


Рис. 10.6. Заточування передньої поверхні фасонної фрези:
1 – копір; 2 – копірний ролик; 3 – шліфувальний круг; 4 – фреза

Контроль геометричних параметрів різальної частини спірального свердла може проводитись різноманітними способами: за допомогою шаблонів, кутомірів, інструментального мікроскопа та спеціальних приладів.

10.3. Мітчики

Технологічний процес виготовлення збірних мітчиків із швидкорізальної сталі включає:

1. Відрізку заготовок для робочої та хвостової частин і зачищення кінців.
2. Обточування робочої частини або хвостової частини під зварювання для утворення однакових діаметрів в стик.
3. Зварювання заготовок в стик.
4. Обточування зварювального шва.
5. Відпал.
6. Правку заготовки після зварювання.
7. Підрізання торців та центрування заготовки з двох сторін.
9. Шліфування робочої частини.
10. Штампування або фрезерування квадрата.
11. Накатування різьби.

12. Фрезерування канавок та знімання задирок.
13. Клеймування.
14. Термічну обробку.
15. Шліфування центрових отворів.
16. Шліфування канавок.
17. Шліфування по зовнішньому діаметру робочої частини.
18. Шліфування чистої частини по діаметру.
19. Шліфування різьби.
20. Заточування передньої поверхні.
21. Шліфування забірного конуса.
22. Контроль.

Утворення різьби при виготовленні мітчиків проводиться:

- 1) фрезеруванням;
- 2) шліфуванням;
- 3) нарізанням різцем або гребінкою на токарно-гвинторізнному верстаті.

Найбільш продуктивним процесом є накатування різьби, який використовується для мітчиків з діаметром до 40 мм. Накатування проводиться плоскими плашками або роликами. Процес накатування плашками більш продуктивний, ніж роликами, проте точність різьби, яку накатали роликами вища. Робоча частина заготовок перед накатуванням шліфується з допуском, що дорівнює $-a^{-0,02}$ мм. Діаметр робочої частини заготовок під накатування машинних мітчиків береться за табл. 10.4.

Діаметр $d_{заг}$ остаточно уточнюється після накатування зразків, що досліджуються. При накатуванні роликами їх осі встановлюються не паралельно одна одній, завдяки чому утворюється зворотна конусність різьби. В табл. 10.5 подані припуски і допуски на шліфування мітчиків по зовнішньому діаметру після накатування різьби.

Утворення різьби на мітчиках з діаметром понад 40 мм здійснюється фрезеруванням гребінчастими фрезами або нарізанням різцем. Кут профілю різців для нарізання різьби під шліфування береться на 1° – $1^{\circ}30'$ менше кута профілю різьби.

Таблиця 10.4
Діаметр заготовок під накатування різьби
на машинних мітчиках

Номинальні розміри, мм		№ мітчика	Операційні розміри, мм	
d	S		$D_{0-0,02}$	l
3	0,5	1	3,16	18 _{-0,8}
		2	3,22	
(3,5)	0,6	1	3,59	18 _{-0,8}
		2	—	
4	0,7	1	4,02	20 _{-0,8}
		2	4,09	
5	0,8	1	4,95	22 _{-0,8}
6	1	1	5,82	20 _{-0,8}
		2	5,90	
(7)	1	1	6,80	20 _{-0,8}
		2	6,90	
8	1,25	1	7,70	25 _{-0,8}
		2	7,79	

Шліфування різьби мітчиків проводиться після термічної обробки. У мітчиків з кроком різьби до 1,25 мм різьба попередньо не нарізається. Різьба шліфується одноститковим або багатоститковим кругом.

Таблиця 10.5
Припуски і допуски на шліфування по зовнішньому діаметру
мітчиків після накатування різьби (мм)

Номинальний діаметр різьби	Крок різьби S	Припуск на шліфування по зовнішньому діаметру	Допуск на зовнішній діаметр
6	0,75	0,35	-0,05
	1,0		
7-10	0,75	0,354	
	1,0		
	1,25		
	1,5		

Припуски і допуски на нарізання та шліфування різьби мітчиків подані в табл. 10.5. Канавки для стружки на мітчиках обробляються фрезеруванням або шліфуванням. Фрезерування

каналок мітчиків проводиться набором фрез за допомогою багаточентрових ділильних головок. Допустима різниця діаметрів та фрез одного набору – 0,05 мм. Канавки для стружки у мітчиків фрезеруються затилованими фрезами або гострозаточеними фрезами. Гострозаточені фрези в порівнянні із затилованими забезпечують більш високу продуктивність. Це пояснюється великим числом зубів, відсутністю зневодненого шару завдяки шліфуванню задньої поверхні зубів, меншим радіусом заокруглення різальних кромки. Проте вони більш складні у виготовленні і використовуються у масовому виробництві.

Канавки мітчиків повинні бути однаково розміщені відносно квадрата, що спрощує установку мітчиків при їх затилюванні. Для забезпечення цього використовуються спеціальні затискачі. Канавки мітчиків розмірів до М6 шліфуються із суцільного профілю без попередньої обробки. Шліфування каналок мітчиків з діаметром до 12 мм звичайно проводиться одночасно із заточуванням. У мітчиків більших розмірів ця операція проводиться окремо.

Затилювання забірної частини мітчиків з діаметром до 30 мм проводиться безпосередньо шліфувальним кругом. Мітчики великих діаметрів попередньо проходять затилювання до термічної обробки на токарно-затиловочному верстаті.

Для нарізання різьби у важкооброблюваних матеріалах використовуються суцільні мітчики, виготовлені з твердих сплавів ВК6М, ВК10М. Мітчики малих розмірів мають зовнішні центри, які є базами при їх обробці. Технологічний процес виготовлення таких мітчиків включає:

1. Шліфування заготовок по діаметру на безцентрово-шліфувальному верстаті.
2. Шліфування базових поверхонь зовнішніх центрів з двох сторін.
3. Чорнове шліфування робочої частини по діаметру.
4. Шліфування хвостової частини по діаметру.
5. Чистове шліфування робочої частини по діаметру.
6. Шліфування квадрата.
7. Вишліфовування каналок.
8. Чорнове шліфування різьби.
9. Нанесення кільцевих рисок.

10. Шліфування забірного конуса.

Розміри заготовок для мітчиків подані в табл. 10.6.

Таблиця 10.6

Розміри заготовок для твердосплавних мітчиків (мм)

Номинальний діаметр різби	Крок різби	Розміри стрижнів заготовок	
		d	$l \pm 1,0$
1	2	2	4
2,0	0,40	$3,1 \pm 0,2$	41
2,2	0,45	$3,1 \pm 0,2$	41
2,5	0,45	$3,1 \pm 0,2$	41
1	2	2	4
3,0	0,50	$3,5 \pm 0,2$	48
3,5	0,60	$4,7 \pm 0,2$	51
4,0	0,70	$4,7 \pm 0,2$	51
5,0	0,80	$5,5 \pm 0,25$	57

Контрольна операція проводиться на сталевій плиті шупа. Кривизна стрижнів, що допускається, для діаметрів 3,0–0,15 мм, для діаметра понад 3,0 мм – 0,2 мм. Для запобігання поломок заготовок при наступному їх шліфуванні на безцентрово-шліфувальному верстаті проводиться перевірка заготовки на кривизну. Всі наступні шліфувальні операції проводяться алмазними шліфувальними кругами. Швидкості круга звичайно коливаються від 30 до 40 м/с за винятком операції вишліфовування канавок. Швидкість обертання заготовки при круглому шліфуванні коливається від 2,5 до 7 м/хв, а при нарізанні різби скорочується до 0,4–0,25 м/хв в залежності від діаметра мітчика.

Чистове шліфування робочої частини по діаметру проводиться з утворенням зворотної конусності.

Шліфування різби проводять за 2–8 робочих ходи в залежності від діаметра мітчика та його номера в комплекті. Заготовки мітчиків М2–М2,5 шліфуються без затилування із збільшеною зворотною конусністю на довжині робочої частини в межах 0,025–0,03 мм на 10 мм довжини. Заготовки мітчиків інших розмірів шліфуються із затилуванням по профілю на всій довжині різальної частини. Величина затилування на ширині пера повинна бути в межах 0,03–0,04 мм.

Одну кільцеву риску наносять на хвостовій частині чорнового мітчика, дві – на середньому. Чистовий мітчик рисунок не має.

Суцільні твердосплавні мітчики великих розмірів мають центрові отвори, які є базами при їх обробці. Тому технологічний процес їх виготовлення розпочинається зі шліфування центрових отворів алмазними головками і ведеться аналогічно тому, що розглядається. Додатково вводяться операції чорнового та чистового заточування мітчика по передній поверхні алмазним чашковим кругом і затилювання по зовнішньому діаметру алмазним кругом прямого профілю.

Мітчики твердосплавні діаметром понад 16 мм виготовляються складовими. Вони мають вигляд корпусу, який виготовляється зі сталі 40Х або 9ХС, з напаяними пластинами із твердого сплаву. Як заготовка корпусу використовується вал з центровими отворами, з довжинами і діаметрами робочої та хвостових частин, що відповідають розмірам мітчика. Технологічний процес виготовлення таких мітчиків включає:

1. Фрезерування квадрата.
2. Фрезерування канавок для стружки.
3. Фрезерування пазів під пластинки твердого сплаву.
4. Збирання пластин в корпусі.
5. Напаявання пластин, закалювання квадрата та низькотемпературний відпуск.
6. Шліфування припою на корпусі робочої частини мітчика.
7. Вишліфовування технологічної стінки та припою в канавках для стружок.
8. Шліфування та полірування канавок для стружки.
9. Зачищення свердлом центрових отворів від припою.
10. Шліфування виступаючих частин пластин на робочому торці.
11. Шліфування торця зі сторони робочої частини.
12. Чорнове та чисте шліфування робочої частини по діаметру.
13. Заточування передньої поверхні.
14. Чорнове та чисте шліфування різьби з утворенням зворотної конусності і затилюванням по профілю різьби.

15. Вишліфовування неповної останньої нитки різьби.
16. Затилування забірного конуса.
17. Шліфування хвостової частини.
18. Маркування, контроль, дослідження та упаковка продукції.

10.4. Твердосплавні кінцеві фрези

Використовуються монолітні та складені твердосплавні кінцеві фрези. У складених фрез робоча частина виготовляється повністю з твердого сплаву, а хвостовик (циліндричний або конічний) – зі сталі, або на сталевий корпус інструмента напаюються прямі або гвинтові твердосплавні пластини.

Заготовки твердосплавних кінцевих фрез виготовляються наступними технологічними методами: механічною обробкою пластифікованих заготовок, вишліфовуванням профілю робочої частини та остаточно спечених стрижнів, мундштуковим пресуванням робочої частини фрези без хвостовика, прямим пресуванням коронок або пластин у прес-формах.

Метод одержання заготовок фрез механічною обробкою пластифікованих заготовок відрізняється широкою універсальністю, мобільністю та технологічністю. До основних недоліків методу необхідно віднести: неможливість виготовлення інструменту малого розміру, великі відходи твердого сплаву (50–60 %) в процесі виробництва, підвищена шорсткість канавок для стружки, підвищена трудомісткість, поєднана з пластифікацією заготовок.

При виготовленні складових кінцевих фрез в технологічному процесі передбачається операція напаювання робочої частини з хвостовиком. При цьому після напаювання виконується остаточно обробка циліндричної або конічної поверхні хвостовика.

Шліфування та заточування твердосплавних кінцевих фрез проводять алмазними кругами. Круги прямого профілю (АПП) використовуються для круглого шліфування. Для заточування використовують чашкові (АЧК) і тарілчасті (А1Т, А3Т) круги. Рекомендується використовувати круги, що виготовлені з алмазних порошків марок АС4, АС6, АС2 на металевій (М04,

M013, MB1, M5), керамічній (K1, K5) та органічній зв'язках (Б1 Б2) 100–150%-ої концентрації. Кругами на органічній зв'язці виконуються чистові операції шліфування, заточування та доводки.

Режими шліфування, заточування та доводки кінцевих фрез алмазними кругами наведені в табл. 10.7.

Таблиця 10.7

*Режими обробки твердосплавних кінцевих фрез
алмазними кругами*

Обробка	Ra, мкм	Характеристика кругів			Припуск на обробку, мм	Режими обробки			t, мм
		Позначення форми круга	Зернистість круга	Матеріал зв'язки		V_b , м/с	V_{ϕ} , м/хв	$S_{пр}$, м/хв	
Циліндричної поверхні	0,8	АПП	125/100	М	0,1–0,2			0,8	0,0075–0,01 на два ходи
	0,4		100/80					15–20	10–20
	0,2	О	80/63	0,05–0,1	30–35	20–30	0,5	0,0075–0,01 на п'ять ходів	
	0,1		50/40				0,3	0,0075–0,01 на дев'ять ходів	
Заточування	1,6–0,4	АЧК, А1Т, АЗТ	160/125–63/50	М, К	0,1–0,5	15–30	–	1,0–2,0	0,01–0,05
Доводка	0,4–0,05	АЧК, А1Т, АЗТ	50/40–28/20	О	0,01–0,02	30–40	–	0,5–1,0	0,05–0,01

При алмазному шліфуванні, заточуванні та доведенні використовуються мастильно-охолоджувальні рідини. Розчини їх наведені в табл. 10.8.

Таблиця 10.8
Розчини мастильно-охолоджувальних рідин

Складові	Кількість (%) при роботі кругами на зв'язці		Складові	Кількість (%) при роботі кругами на зв'язці	
	металевій	органічній		металевій	органічній
Гринатрій-фосфат	0,3	0,6	Змочувач ОП-7 або 10	0,1	—
Вазелинове масло	—	0,05	Кальцинована сода	0,3	0,25
Бура	0,5	0,3	Нітрит натрію	0,4	0,1
Триетанол-амін	0,4	—	Вода	98,0	98,7

Охолоджувальною рідиною може бути водний 1%-ий розчин триетаноламіну з додаванням 0,25 % бури, а також водний 1–1,5%-ий розчин соди. Робота кругів на бакалітовій зв'язці допускається без охолодження.

До переваг методу вишліфовування профілю робочої частини алмазними кругами з остаточно спечених заготовок відносяться: висока точність, низька шорсткість оброблюваних поверхонь та універсальність технології. Крім того, стійкість фрез, що виготовляються цими методами, вища стійкості фрез, виготовлених з пластифікованих заготовок.

Попереднє шліфування циліндричних стрижнів на безцентрово-шліфувальних верстатах виконується алмазними кругами з алмазів марок АС4 або АС6 100%-ої концентрації на металевій зв'язці зернистістю 160/125–100/80 методом наскрізного шліфування. Колова швидкість круга, що шліфується,

$V_k = 15\text{--}25$ м/с, а ведучого – $10\text{--}40$ м/хв. Чистове шліфування може виконуватись на тому ж верстаті. При цьому знімання твердого сплаву за один прохід складає $0,005\text{--}0,03$ мм. При виконанні операції чистового шліфування для досягнення шорсткості $R_a = 0,0\text{--}0,1$ мкм використовують алмазні круги з алмазів марок АС2 або АС4 на органічних зв'язках Б1, Б3 зернистістю $100/80\text{--}50/40$.

Вишліфовування стружкових канавок виконується на модернізованих універсально-заточувальних верстатах або на спеціальних напівавтоматах. При цьому використовуються круги з алмазів марок АС4 або АС6 на металевій зв'язці МО13, М1, М5, МО4 150%-ої концентрації. Вишліфовування стружкових канавок можна проводити за двома схемами знімання припуску – багатопрхідною та глибинною. Найбільший ефект досягається при вишліфовуванні канавок методом глибинного однопрхідного шліфування. Цей метод у порівнянні з методом багатопрхідного шліфування більш продуктивний. При цьому відсутнє багаторазове періодичне нагрівання-охолодження деталі, що значно зменшує ймовірність появи дефектів у вигляді сіткі мікротріщин та сколювання. При глибинному шліфуванні значно підвищується зносостійкість шліфувального круга. Вишліфовування стружкових канавок твердосплавних кінцевих фрез проводиться при $V_k = 15\text{--}25$ м/с та $S_{np} = 0,02\text{--}0,025$ м/хв за один або декілька проходів.

Умови різання при вишліфовуванні канавок відповідають умовам чистового шліфування. У зв'язку з цим рекомендується використовувати круги зернистістю $50/40$.

Важливе значення для однопрхідного шліфування канавок має вірний вибір мастильно-охолоджувальної рідини, за яку рекомендується використовувати 50%-ну водну емульсію.

Вишліфовування та заточування поверхонь торцевих зубів та перехідних кромки виконується на універсально-заточувальних верстатах в поворотних пристроях з цанговим затискачем алмазними тарілчастими і чашковими кругами на металевій зв'язці.

На заготовках робочих частин кінцевих фрез, що одержали мундштуковим методом, підрізаються торці та виконуються центрові отвори. При обробці заготовки встанов-

люються у розрізних втулках, щоб уникнути пошкодження кромки на зубах. На заготовках для складених фрез зі сталевими хвостовиками з однієї сторони виконується центровий отвір, а з іншої – проточується циліндрична частина під напаявання. Технологічний процес обробки фрез після остаточного спікання аналогічний технологічному процесу виробництва фрез з пластифікованих заготовок. Складові конструкції кінцевих фрез обробляються після операції напаявання. Центрові отвори у хвостовиках виконуються також після напаявання. При цьому фрези кріпляться в розрізних втулках за робочу частину. Остаточна обробка зовнішньої поверхні хвостовиків і заточування циліндричних зубів проводиться в центрах.

Кінцеві фрези з твердосплавними коронками виготовляють діаметрами від 10 до 20 мм, а з напаяними гвинтовими або прямими пластинками – діаметром від 14 до 50 мм.

Пресування заготовок коронок зі спіральним зубом проводиться прямим пресуванням у складних прес-формах з гвинтовою формою каналу матриці та тією ж поверхнею пуансона. Гвинтові та прямі твердосплавні пластини, що мають форму зуба кінцевої фрези, пресуються також методом прямого пресування в прес-формах, що мають робочі частини, які відповідають заданим формам та розмірам пластин з врахуванням коефіцієнта усадки твердого сплаву при спіканні. Повна механічна обробка таких фрез проводиться після напаявання коронок і прямих або гвинтових пластин до сталевих хвостовиків і державок.

Технологічний процес заточування та доведення кінцевих фрез з припаяними гвинтовими зубами складається зі шліфування зубів по діаметру і торцю, заточування зубів по задній поверхні, доведення зубів по задній, підточування торцевих зубів по передній поверхні, заточування торцевих зубів по задній поверхні, доведення торцевих зубів по задній поверхні, заточування задньої поверхні перехідної кромки.

Суттєве значення в технологічних процесах виробництва твердосплавних кінцевих фрез має раціональне призначення припусків і допусків на заготовки, оскільки від їх величини значною мірою залежить трудомісткість обробки, а також якість інструмента.

Таблиця 10.9

**Припуски і допуски (в мм) на циліндричні стрижневі
твердосплавні заготовки**

Розміри виробів		Подвоєне зміщення центрів, $2l$	Кривизна δ	Вид заготовки	Припуски на обробку заготовок типу								Допуск на d
d , мм	L , мм				з центрами			без центрів					
					A	B	B	Γ	D	E	$Ж$		
1-3	Будьяка	-	0,10	гладкі стрижні	-	-	-	0,17	0,37	0,2	0,4	+0,08	
3-6	Будьяка до 45	0,10	0,15	"-"	-	-	0,38	0,25	0,45	0,3	0,6	+0,12	
			0,25	Зі стружковими канавками	0,30	0,25	0,38	-	-	-	0,6	+0,12	
3-6	Понад 45	0,10	0,20	Будьякі	0,40	0,35	0,50	-	-	-	0,8	+0,12	
6-10	До 60 Понад 60	0,14	0,15	Будьякі	0,32	0,25	0,38	-	-	-	0,6	+0,16	
			0,20	Будьякі	0,42	0,35	0,50	-	-	-	0,8	+0,16	
10-18	До 75 Понад 75	0,20	0,15	Будьякі	0,35	0,25	0,38	-	-	-	0,6	+0,23	
			0,20	Будьякі	0,45	0,35	0,50	-	-	-	0,8	+0,23	

Примітка: B – стрижні гладкі; B – заготовки зі стружковими канавками; Γ – стрижні гладкі малих діаметрів; D – стрижні-прутки; E – заготовки з фасонним профілем по всій довжині; $Ж$ – заготовки з некруглим перерізом.

Припуски і допуски для твердосплавних заготовок діаметром до 18 мм подані в табл. 10.9.

10.5. Фасонні затіловані фрези

Типовий технологічний процес виготовлення цілих фасонних затілованих фрез із швидкорізальної сталі включає:

1. Відрізання заготовки під кування.
2. Кування заготовки.
3. Відпал поковки і чищення окалини.
4. Обробку отвору, фаски і торця.
5. Підрізання іншого торця.

6. Обробку фаски в отворі.
7. Протягування шпонкового паза.
8. Чорнове і чисте обточування зовнішньої поверхні.
9. Фрезерування стружкових канавок.
10. Затилування зубів.
11. Слюсарну обробку фасок на шпонковій канавці.
12. Термообробку.
13. Шліфування торця.
14. Шліфування отвору.
15. Заточування передньої поверхні.
16. Шліфування торців.
17. Контроль, маркування та упаковку.

При обробці насадних затіланих фрез за бази при виконанні більшості операцій приймається отвір. Обробка зовнішньої поверхні фрез включає проточування по зовнішньому діаметру і обточування фасонним різцем. З метою зменшення завантаження фасонних різців, при необхідності знімання ними великої кількості металу, відбувається попереднє обточування профілю по конічних поверхнях. Обточування профілю може проводитися одним фасонним різцем або двома різцями, що обробляють протилежні сторони профілю. Фасонні різці, що обробляють окремі сторони профілю, більш прості у виготовленні і мають велику стійкість. Ширина їх вибирається такою, щоб при роботі вони перекривалися. Задня поверхня зубів фрези обробляється шляхом затилування, а їх переточування проводиться по передній площині. Доцільно затилування фрез розділити на попереднє і остаточне. З метою видалення знеуглецьованого шару та підвищення точності після термічної обробки проводиться шліфування задньої затілової поверхні. Шліфування профілю призводить до деякого завалення різальних кромки, що викликає необхідність повторного заточування по передній поверхні.

Шліфування по профілю ведеться на токарно-затилувальному верстаті за допомогою спеціального пристрою. Затіловані фрези з прямими канавками, дно яких проходить паралельно до осі інструмента, заточуються по передній площині на універсально-заточувальних верстатах.

Заточування проводиться по пружинному упору або за допомогою ділильного диска, що дає кращі результати по точності. Подача фрези на глибину шару, який сточується, здійснюється поворотом фрези навколо її осі.

Фасонні затиловані фрези з канівками, дно яких має криволінійний профіль, заточуються по передній площині за допомогою копіра. Для визначення контуру копіра (рис. 10.8) повертають профіль AB дна канавки в площині заточування $A-A$, що відстає від осі фрези на величину

$$h = R_{\phi} \cdot \sin \gamma.$$

Викреслюють ряд положень зовнішнього кола шліфувального круга так, щоб вони торкалися контуру дна канавки. При з'єднанні центрів цих кіл одержимо криву CE . Викреслюючи з центрів, розміщених на лінії CE , ряд кіл, діаметр яких d_p дорівнює діаметру копірного ролика, будуюмо обвідну криву MK , яка є кривою профілю копіра. Радіус шліфувального круга не повинен перевищувати мінімальний радіус кривизни контуру дна канавки.

Фасонний профіль дна канавки може замінюватися ламаючою лінією. В цьому випадку фрезерування стружкових канавок проводиться без копіра. Наприклад, спочатку ведеться обробка на ділянці, де дно канавки проходить паралельно осі фрези, а потім проводиться підфрезерування зубів з двох сторін.

Технологічний процес виготовлення збірних затилованих фрез включає окрему обробку корпусів, ножів, елементів кріплення, їх збирання, закріплення та остаточну обробку інструмента в зібраному вигляді.

Ножі збірних фасонних фрез затиловуються по колу з високою продуктивністю, шляхом їх обточування на токарному верстаті та шліфування на круглій шліфувальному верстаті. При обробці ножі збірної фрези встановлюють в пазах пристрою, які нагадують корпус фрези із суміщеними пазами. Після обточування ножів у пристрої 1 (рис. 10.7) їх переставляють в корпус 2 фрези. Для фрез з прямими зубами, в яких передній кут $\gamma = 0$, величина зміщення пазів пристрою $H = R \sin \alpha$. Координати X та

У профілю задньої поверхні обертання підраховуються за співвідношенням:

$$X = X_0 ;$$

$$Y = \frac{Y_0 \sin \alpha}{\cos(\alpha + \tau)},$$

де

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{R \cos \alpha - Y_0}{R \sin \alpha},$$

X_0, Y_0 – координати точок профілю обробленої поверхні деталі.

Затилування по колу може здійснюватися безпосередньо в корпусі фрези з відповідними несиметричними кутовими пазами.

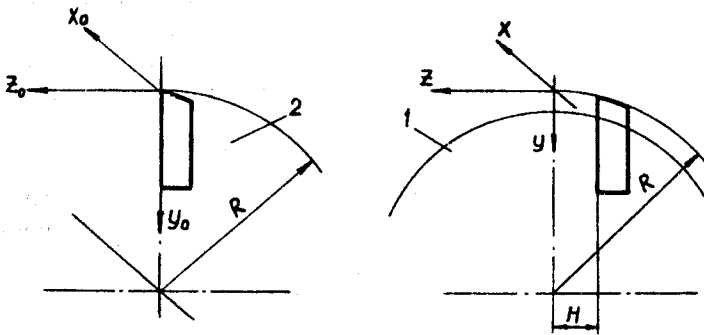


Рис. 10.7. Схема утворення задньої поверхні збірних фрез при затилуванні по колу

10.6. Черв'ячні зуборізальні фрези

Черв'ячні фрези є найбільш розповсюдженими зуборізними інструментами. Як правило, ці фрези виконуються насадними, але в ряді випадків, коли є обмеження зовнішнього діаметра (наприклад, для черв'ячних коліс при відносно малому діаметрі черв'яка), фрези виготовляються хвостовими.

В останній час все більшого розповсюдження одержують збірні черв'ячні фрези. Їх переваги: менші витрати швидко-різальної сталі, більш висока стійкість, збереження постійності профілю по всій довжині зуба. Проте збірні фрези більш трудомісткі у виготовленні, ніж суцільні.

Технологія виготовлення насадних черв'ячних фрез

Послідовність операцій для виготовлення черв'ячних фрез модулів 1–10 мм наступна:

1. Відрізання.
2. Кування.
3. Відпал.
4. Галтування.
5. Токарна чорнова.
6. Протягування отвору.
7. Токарна чистова.
8. Протягування шпонкового паза.
9. Слюсарна. Запилювання фасок на торцях шпонкового паза.
10. Шліфування попередньо торців.
11. Фрезерування профілю черв'яка.
12. Фрезерування стружкових канавок.
13. Затилування профілю зубів.
14. Фрезерування неповних витків.
15. Маркування.
16. Термічна обробка. Загартування та відпуск.
17. Шліфування отвору.
18. Доведення отвору.
19. Шліфування торців.
20. Шліфування буртиків.
21. Шліфування передньої поверхні
22. Шліфування профілю зубів.
23. Маркування.

Обробка заготовок черв'ячних фрез

Заготовки черв'ячних фрез діаметром до 50 мм відрізають з прокату з припусками на діаметр і довжину 4–6 мм. Фрези ді-

метром понад 50 мм рекомендується виготовляти з кованих заготовок з метою зменшення карбідної неоднорідності. Розміри заготовок черв'ячних фрез визначаються з врахуванням припусків, наведених в табл. 10.10.

В залежності від обладнання, що є в наявності, та серійності виробництва послідовність токарних операцій може бути різною. В серійному виробництві для токарної обробки черв'ячних фрез використовуються багатошпindelні напівавтомати. Основна перевага автоматів та напівавтоматів полягає в якості оброблених заготовок, можливості багатостатного обслуговування та високої продуктивності праці.

Таблиця 10.10

Припуски на обробку черв'ячних фрез по зовнішньому діаметру

Номінальний діаметр фрези	Сумарний припуск на чистову обробку, затилування та шліфування, допуск на чорнове обточування	Сумарний припуск на затилування та шліфування, допуск на чистове обточування	Припуск на шліфування та допуск на затилування
До 50	$2,3^{0,-0,3}$	$1,0^{0,-0,2}$	$0,7^{0,-0,3}$
Понад 50 до 80	$2,5^{0,-0,5}$	$1,1^{0,-0,3}$	$0,7^{0,-0,3}$
Понад 80 до 120	$3,0^{0,-0,5}$	$1,3^{0,-0,3}$	$0,8^{0,-0,4}$
Понад 120 до 180	$3,0^{0,-0,5}$	$1,6^{0,-0,4}$	$1,0^{0,-0,5}$
Понад 180	$4,0^{0,-0,5}$	$1,8^{0,-0,4}$	$1,2^{0,-0,6}$

Радіальне биття по зовнішньому діаметру і буртиках після токарної чистої обробки не повинно перевищувати 0,1 мм, биття торців – не більше 0,03 мм.

Протягування шпонкового паза доцільно виконувати протяжками з фасковими зубами (рис. 10.8). Ширину тіла B таких протяжок роблять на 3–5 мм більшою за ширину b . Перші фаскові зуби з кутом профілю 90° і найбільшою шириною B мають сумарний підйом по висоті H приблизно 0,6 мм і знімають фаску по довжині паза; наступні зуби шириною b прорізають шпонковий паз.

Для забезпечення точності наступних операцій доцільно шліфувати торці фрез. Шліфування виконується на круглошліфувальному верстаті, фреза кріпиться на оправці. Допустиме биття торців – не більше 0,02 мм.

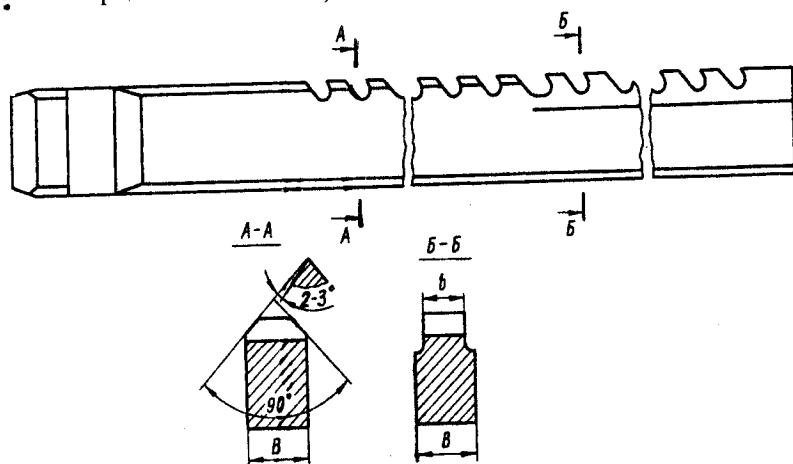


Рис. 10.8. Протяжка з фасонними зубами

Попередня обробка профілю та стружкових канавок

Попередня обробка профілю черв'ячних фрез (рис. 10.9) найчастіше виконується на різьбофрезерних верстатах (мод. ГФ-812М для $m_o = 5-12$ мм, GFLV-250 фірми Фріц Геккерт для $m_o = 5$). Профіль фрезерується при модулях понад 2 мм, при менших модулях затилування виконується без попередньої обробки. Для фрезерування використовуються дискові двокутові фрези. Обробка ведеться на оправці, на якій встановлюється від одної до чотирьох заготовок фрез. Верстат налаштовується на осьовий крок черв'ячної фрези $P_{хо}$, робоча двокутова фреза повертається на кут нахилу витка γ_{m_o} .

Операційні розміри профілю фрези визначаються за рис. 10.12 з врахуванням припусків за табл. 10.11.

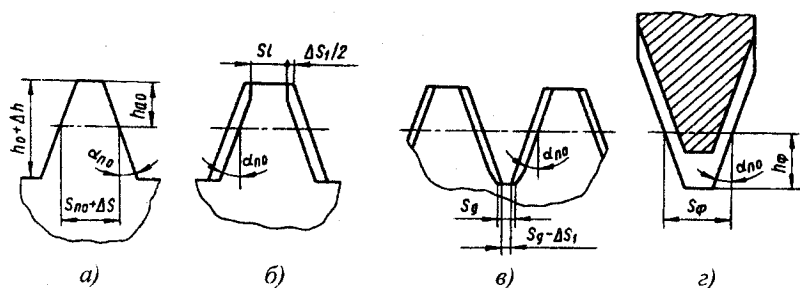


Рис. 10.9. Профілі фрез

Для фрез з кутом профілю 15° і двозахідних фрез припуск ΔS_1 збільшується на 0,1 мм, для тризахідних фрез – 0,3 мм, для чотиризахідних – на 0,5 мм.

Таблиця 10.11

Припуски на товщину зуба після фрезерування профілю черв'ячних фрез, мм

Припуск	Модуль, мм		
	2,25–4	4,25–6	Понад 6
ΔS_1	0,3 _{0,1}	0,5 _{0,15}	0,6 _{0,15}
Δh	0,3	0,5	0,7

Розміри профілю робочої фрези (рис. 10.9) для черв'ячних фрез без модифікації дорівнює:

$$S_\phi = P_{no} - (S_{no} + \Delta S_1);$$

$$h_\phi = (h_o + \Delta h) - h_{ao},$$

де P_{no} – нормальний крок.

Для черв'ячних фрез з “вусиками” біля вершини під шевінгування (рис. 10.9, б) розміри профілю робочої фрези вибираються з умови одержання ширини вершини зуба, що дорівнює $(S_b + \Delta S_1)$, для фрез з потовщенням біля ніжки зуба (рис. 10.9, в) – з умови одержання ширини западини зуба $(S_d - \Delta S_1)$.

Розміри профілю робочої фрези для обробки черв'ячних фрез із зачепленням Новікова та фрез для зірочок до приводних ланцюгів визначаються прокресленням. Профіль фрезерується двокутовою фрезою з мінімальними припусками згідно з табл. 10.12.

Таблиця 10.12

Припуски ΔS_2 на шліфування профілю зуба черв'ячних фрез після затишування, мм

Модуль	α_0 , град		
	До 15	Понад 15 до 25	Понад 25
До 2	0,25	0,15	0,05
Понад 2 до 4	0,35	0,25	0,15
Понад 4 до 6	0,4	0,3	0,2
Понад 6 до 10	0,45	0,35	0,25

Примітка: Для двозахідних фрез припуски збільшуються на 0,1 мм, для фрез з числом заходів ≥ 3 – на 0,2 мм.

Контроль кута профілю черв'яка проводиться шаблоном, товщина зуба – зубоміром, осьового кроку – штангенциркулем (перевіряється сумарна довжина трьох-п'яти кроків).

Послідовність розміщення фрез на оправці після фрезерування профілю зберігається і на наступних операціях – фрезерування канавок і затишування.

Фрезерування стружкових канавок виконується на універсально-фрезерному верстаті з використанням ділильної головки (прямі канавки можуть фрезеруватися на горизонтально-фрезерному верстаті). При фрезеруванні гвинтових канавок стіл верстата повертається на кут нахилу гвинтової лінії канавки γ_{m0} . Верстат через гітару змінних зубчастих коліс настроюється на крок гвинтових канавок черв'ячної фрези P_{zo} .

Для фрезерування канавок з кутом γ_{m0} до 10° можуть використовуватись як однокутові, так і двокутові фрези. Канавки з кутами нахилу γ_{m0} понад 10° фрезеруються дисковими фрезами з криволінійним профілем. При обробці гвинтових канавок передня поверхня фрезерується конічною стороною фрези.

Радіус заокруглення вершини профілю дискової фрези приймається на 0,25–0,5 мм меншим номінального розміру радіуса канавки черв'ячної фрези.

Вірне встановлення дискової фрези по відношенню до заготовки досягається переміщенням стола в поперечному напрямку і підйманням стола у вертикальному напрямку. Розрахункові величини коригуються після контролю радіальності передньої поверхні у першій обробленій фрезі.

Радіальність передньої поверхні та різниця колових кроків контролюються за допомогою спеціального приладу (рис. 10.10). Для перевірки радіальності призначений важіль 1, зв'язаний з індикатором. По блоку кінцевої міри довжини A визначається початкове положення важеля по висоті центрів, індикатор встановлюється на нуль. Далі передньою поверхнею фрези доводять важіль до початкового положення, за допомогою держака 3 важіль переміщається в радіальному напрямку. Покази індикатора відповідають відхиленням передньої поверхні від радіального положення. Для фрез з переднім кутом γ_0 початкова установка держака 1 проводиться по блоку A_1 :

$$A_1 = A - \frac{d_{ao}}{2} \cdot \sin \gamma_0,$$

де A – висота центрів приладу від базової площі.

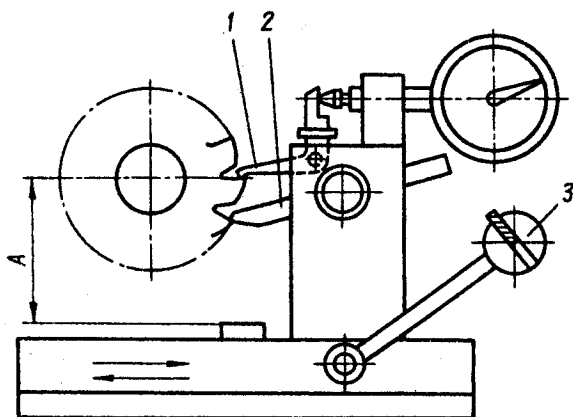


Рис. 10.10. Прилад для контролю зовнішнього кроку та радіальних передніх поверхонь

Допустиме відхилення переднього кута – $+1^\circ$.

При контролі різниці колових кроків сусідні зуби фрези послідовно повертаються до нерухомого упора 2 і рухомого держака 1, зв'язаного з індикатором. Перевіривши всі кроки, визначають найбільшу різницю в межах одного оберту. В залежності від діаметра фрези допускається наступна найбільша різниця: при діаметрі до 70 мм – 0,3 мм, понад 70 до 100 мм – 0,35 мм, понад 100 мм – 0,4 мм.

Затилювання

Затилювання зубів є однією з основних операцій технологічного процесу виготовлення черв'ячних фрез.

Затилювання фрез проводиться на токарно-затиловочних верстатах моделей 1Б11, 1Б812, 1810, КТ-75, 1Е11, 1Е811, 1Е812 та ін. Верстати мод. 1Б811 та 1Б812, що мають автоматичний цикл, дозволяють використовувати двоверстатне обслуговування.

Затилювальні роботи можуть складатися з ряду переходів. Спочатку проводиться затилювання вершини зубів, потім перша сторона профілю, друга його сторона, заокруглення вершин зубів з першої та з другої сторін.

Для кожного з переходів виготовляються спеціальні профільні різці круглого або прямокутного перерізу. Затилювання по переходах звичайно виконується при обробці багатомодульних черв'ячних фрез з $m_o \geq 12$ мм, а також при малосерійному виробництві фрез менших модулів.

З метою підвищення продуктивності обробки фрез $m_o = 3-10$ мм і одержання більш точного профілю використовують спеціальні комбіновані затиловочні різці (рис. 10.11, а), що обробляють весь профіль зуба. При затилюванні фрез з гвинтовими канавками різець за допомогою клинових підкладок встановлюється на кут підймання витків γ_m . При затилюванні черв'ячних фрез з $\gamma_m > 6^\circ$ використовується різець з профілем, нахиленим під кутом $\beta \cong 4^\circ$ (рис. 10.11, б). В цьому випадку кут клинових підкладок зменшується на величину β , що підвищує надійність установки різця. Для затилювання черв'ячних фрез

$m_o = 0,5-2,0$ мм з прямими канавками використовуються спеціальні гребінки (рис. 10.11, в) з 5–7 зубами:

$$\operatorname{tg} \varphi = (0,04 - 0,08) P_{no}.$$

Гребінки, які мають 2–3 зуба, використовуються також для затилування черв'ячних фрез з прямими канавками та $m_o = 2,5-4,0$ мм. Гребінки забезпечують високі продуктивність та точність затилування. Перед затилуванням гребінками фрези $m_o \leq 2,0$ мм спочатку затилуються по вершинах різців з широкою вершинною кромкою і нульовим кутом в плані φ .

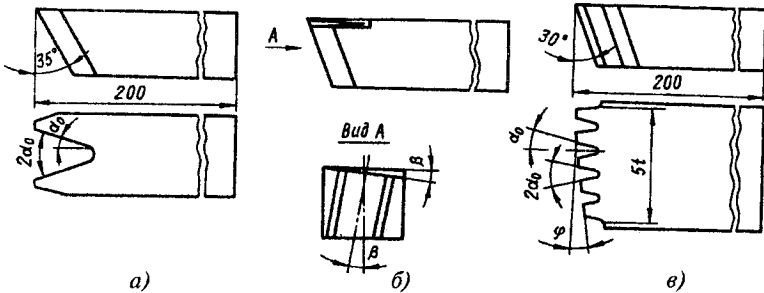


Рис. 10.11. Затилувочні різці

В процесі затилування різців здійснює два рухи: поздовжнє переміщення на величину осьового кроку за один оберт фрези і зворотно-поступальні рухи затилування на кожному зубі фрези. Рух затилування повідомляється різцю за допомогою кулачка. Кулачки вибираються в залежності від величини затилування K , яка розраховується за формулою:

$$K = \frac{\pi d_{ao}}{z_o} \cdot \operatorname{tg} \alpha_b,$$

де d_{ao} – зовнішній діаметр черв'ячної фрези; z_o – число зубів фрези; α_b – задній кут на вершині зуба.

Для забезпечення виходу шліфувального круга, уникнення сідловини при наступному шліфуванні профілю необхідно непрацюючу задню частину зуба (0,3–0,5 частини довжини зуба

в залежності від розмірів фрези) затилювати із збільшеними задніми кутами. Це можна одержати роздільним затилюванням з використанням двох кулачків (спочатку весь профіль затилюється з величиною затилювання K , а потім – непрацююча частина зуба з $K_1 \cong 1,5K$). На інструментальних заводах для підвищення продуктивності затилювання фрез виконується в одну операцію з використанням спеціальних комбінованих кулачків. Використовуються кулачки з профілем з двох архімедових спіралей, що забезпечують обробку робочої ділянки зуба з величиною затилювання K і непрацюючої з $K_1 \cong 1,5K$, або кулачки, що забезпечують затилювання робочої частини зуба на величину K із зниженням непрацюючої ділянки профілю на ΔK . Останні забезпечують найбільш сприятливий для шліфування профіль зуба (рис. 10.12). Величина ΔK дорівнює 0,5 для фрез з $m_o \leq 3,0$ мм; 0,7 мм – для фрез з $m_o = 3,5-6,0$ мм, 0,9 мм – для фрез з $m_o > 6,0$ мм.

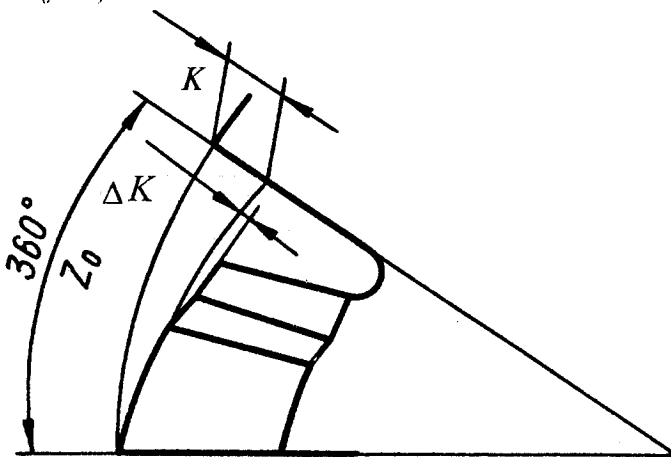


Рис. 10.12. Профіль затилюваного зуба

При затилюванні черв'ячних фрез швидкість різання складає 1–6 м/хв. При чистому затилюванні використовуються менші швидкості, що забезпечують одержання більш чистої поверхні. Затилювання черв'ячних фрез проводиться на циліндричній оправці, що має конічні хвостовики з двох сторін. Фрези

натягуються на оправку в тому порядку, що і при фрезеруванні профілю та стружкових канавок. Один конус оправки вставляється в шпindelь верстата, а другий – у втулку задньої бабки, що забезпечує достатню жорсткість при затилуванні.

Припуски після затилування на наступне шліфування по товщині зуба ΔS_2 наведені в табл. 10.12, припуски по зовнішньому діаметру – в табл. 10.10. У фрез для черв'ячних коліс припуск по діаметру збільшується на 0,3 мм.

Технічні вимоги на затилування наведені в табл. 10.13.

Таблиця 10.13

Технічні вимоги на затилування, мм

Параметри, що перевіряються	Модуль				
	0,5–0,9	1–2,0	2,25–4,0	4,25–6	6,5–10
Найбільша похибка осевого кроку сусідніх зубів	0,015	0,03	0,03	0,03	0,04
Накопичення відхилення кроку на довжині трьох кроків	0,03	0,06	0,06	0,06	0,08
Радіальне биття та конусність по зовнішньому діаметру	0,05	0,10	0,10	0,12	0,15
Похибка по товщині зуба	–0,03	–0,05	–0,05	–0,05	–0,05
Похибка по висоті зуба	$\pm 0,05$	+0,3	+0,5	+0,5	+1,0
Похибка величини затилування K	+0,4	+0,5	+0,7	+1,0	+1,5
Похибка кута профілю зуба, хв	$\pm 20'$	$\pm 15'$	$\pm 15'$	$\pm 15'$	$\pm 15'$
Похибка діаметра вершин	–0,3	–0,3	–0,3	–0,3	–0,3

Перевірка профілю при затилуванні проводиться шаблонами. Шаплони профілюються по нормальному або осьовому перерізу фрези. У фрез з гвинтовими канавками та $\gamma_{mo} < 6^\circ$ профіль контролюється в нормальному перерізі за допомогою шаплону (рис. 10.13). Фрези з прямими канавками контролюються в осьовому перерізі (по передній поверхні). Контрольований кут

профілю α_o дорівнює: $\text{ctg}\alpha_o = \text{ctg}\alpha_{no}\cos\gamma_{mo}$. Шаблон для контролю профілю западин фрез з $m_o \leq 1,5$ мм показано на рис. 10.13, б.

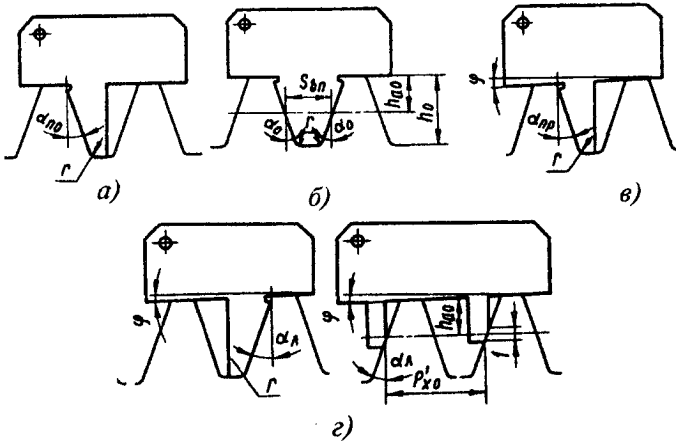


Рис. 10.13. Шаблиони для контролю профілю

У фрез із гвинтовими канавками та $\gamma_{mo} > 6^\circ$ профіль контролюється в осьовому перерізі по поверхнях затилування. Для установки шаблонів в осьовому перерізі користуються спеціальним стояком, що встановлюється на оправці з фрезою. Шаблон для перевірки профілю такої фрези показано на рис. 10.13, в.

Кут φ нахилу профілю визначається за формулою:

$$\text{tg}\varphi = \frac{K \cdot Z_o}{P_{zo}}$$

Кут профілю α_{np} правої сторони фрези дорівнює:

$$\text{ctg}\alpha_p = \text{ctg}\alpha_o \pm \frac{K \cdot Z_o}{P_{zo}},$$

а кут профілю α_n лівої сторони фрези:

$$\text{ctg}\alpha_n = \text{ctg}\alpha_o \pm \frac{K \cdot Z_o}{P_{zo}},$$

де α_o – кут профілю в осьовому перерізі незатілового вихідного черв'яка.

В наведених формулах верхні знаки відносяться до право-західних, а нижні – до лівозахідних фрез.

Крок P'_{xo} дорівнює:

$$P'_{xo} = \frac{P_{xo}}{\cos\varphi}.$$

Товщина зуба S'_o визначається за формулою:

$$S'_o = \frac{S_o}{\cos\varphi}.$$

Похибка кроку контролюється на мікроскопі або спеціальних приладах.

Крок багатозахідних фрез на робочому місці контролюється шаблоном в осьовому перерізі (рис. 10.13, з).

Товщина зуба контролюється зубоміром, радіальне биття та конусність – індикатором. Зовнішній діаметр фрези вимірюється штангенциркулем. При непарному числі зубів діаметр фрези перевіряється за найбільшою хордою d'_{ao} , величина якої підраховується за формулою:

$$d'_{ao} = d_{ao} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{z_o} \right).$$

Неповні витки, що утворюються на торцях фрези, знімаються на вертикально-фрезерному верстаті кінцевою фрезою. Заготовку встановлюють на круглий стіл. Заготовці надаються два рухи: обертальний і поступальний шляхом переміщення стола верстата. Неповні витки зубів знімаються з таким розрахунком, щоб вершина неповного зуба по всій довжині була в межах 0,5–0,8 модуля.

Шліфування черв'ячних фрез

Після термообробки спочатку утворюються бази для подальшої кінцевої обробки: шліфують отвори і торці фрез. При

необхідності отвори доводять (або хонінгують). Отвір шліфують на внутрішньошліфувальних верстатах кругами 24А, 25–40, СМ1–СМ2, К.

Доведення отвору проводиться на вертикально-свердильному або токарному верстаті або на головці доведення чавунним притиром з пастою. Для хонінгування добре себе зарекомендував верстат 3821 ОП40. Обробка проводиться алмазними брусками АСВ 250/200 М₁ 100 % при сильному охолодженні.

Контроль отвору після доведення часто здійснюється нутромірором або гладенькими межовими калібрами. Але калібри дуже часто зношуються. Добре себе зарекомендував пристрій для контролю діаметра отвору, зображеного на рис. 10.14.

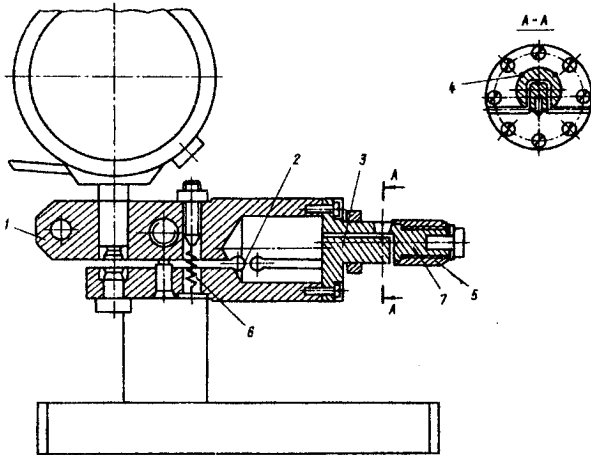


Рис. 10.14. Пристрій для контролю діаметра отвору

В корпусі 1 пристрою зроблено два глибоких пази, між якими залишили тонку (0,3–0,4 мм) перемичку 2, що виконує роль пружинного шарніра. По різні боки паза на корпусі закріплені вимірювальні губки 3 та 7, оснащені трьома алмазними наконечниками 4. Установка індикатора на нуль проводиться за еталонним атестованим кільцем. При контролі

діаметра виріб натягується на прийомну втулку 5, що має діаметр дещо менший за номінальний діаметр отвору ($\approx 0,05$ мм), алмазні наконечники пружиною 6 притискаються до поверхні отвору.

Відсутність передавальних важелів підвищує точність приладу, алмазні наконечники забезпечують його високу зносостійкість.

Торці шліфують на внутрішньошліфувальному верстаті на оправці. Для одержання мінімального биття торців використовують циліндричні оправки із зазором між фрезою та оправкою не більше 0,005 мм.

Заточування зубів по передній поверхні є однією з основних операцій в технологічному процесі виготовлення черв'ячних фрез. Вона значною мірою визначає точність оброблюваних фрезою зубчастих коліс, а також точність контролю наступних операцій виготовлення фрези. При контролі профілю та осевого кроку черв'ячних фрез вимірювання часто виконуються по різальних кромках, тому їх похибки вносять перекручування в дійсну точність бокових затілених поверхонь. Для заточування використовуються як вітчизняні верстати моделей ЗА660А, ЗА662, 3663П, так і верстати фірм Клінгельберг (AGW-230, AGW-231, SNC30), Мікрон А62 (для прямих канавок) та ін.

Заточування гвинтових зубів черв'ячних фрез проводиться кінцевою стороною шліфувального круга. З метою зменшення відхилень від радіального напрямку передньої поверхні доцільно використовувати відносно малі за діаметром круги з великими кутами профілю.

При великих кутах нахилу гвинтових стружкових канавок (понад 6°) круг необхідно правити по кривій. Для цього використовують пристрої для фасонної правки (змінні копії, копії, що регулюються) або шарнірні алмазні державки. Деякі верстати мають змінні шліфувальні шпинделі з кругами невеликих розмірів.

Радіальність передньої поверхні та коловий крок зубів після заточування контролюються також, як після фрезерування

стружкових канавок. Крок гвинтових канавок перевіряється на приладах фірм Цейсс або Клингельнберг моделі PWF 250.

Шліфування профілю є найтрудомісткішою та складною операцією при виготовленні черв'ячних фрез. Воно виконується на шліфувально-затилувальних верстатах або на універсально-затилувальних верстатах за допомогою спеціального шліфувального пристрою, що встановлюється на супорті верстата замість різцетримача.

Профіль зуба звичайно шліфують дисковими кругами, які запроваджені по конусу. Можна використовувати пальцеві та чашкові круги невеликого діаметру. Шліфування пальцевим кругом дозволяє одержати необхідну точність профілю на максимальній довжині зуба. Проте із-за малої продуктивності, зв'язаної з низькими швидкостями шліфування та швидким зношуванням круга, пальцеві круги використовуються рідко, при чистовій обробці фрез з $m_o \geq 6$ мм класів AA та AAA. Чашкові круги за можливістю одержання необхідної точності профілю займають проміжне положення між пальцевими і дисковими кругами, але використовуються порівняно рідко, при шліфуванні фрез середніх модулів, із-за незручності переналадок шліфувального шпинделя при роздільному шліфуванні бокових сторін.

Шліфування фрез дисковими кругами здійснюється різними способами в залежності від модуля та класу точності фрез.

Чистова обробка прецизійних фрез класів точності AA та AA з модулем понад 1 мм та фрез всіх класів точності з модулем понад 5 мм виконується по переходах, показаних на рис. 10.15,а. Правка кругів для шліфування вершини та бокових сторін профілю проводиться алмазом, для шліфування заокруглень – за допомогою накатного ролика.

При виготовленні фрез з модулем від 2 до 5 мм класів B та A весь профіль шліфується одночасно кругом, запроваденим за допомогою накатного ролика, але для фрез модулем до 3 мм круг профілюється на западину між зубами (рис. 10.15, б), для фрез з модулем понад 3 мм – на зуб (рис. 10.15, в). Круг спрофільований на западину має більш високу міцність. Використання для фрез з модулем більше 3 мм кругів, спрофільованих на зуб, дозволяє уникнути похибок кроку (відтискання) при шліфуванні крайніх повних зубів фрез. При виготовленні

дрібномодульних фрез і фрез класів *B* та *A* з модулем до 2 мм обидві сторони впадини шліфуються одночасно кругом, заправленим алмазом (рис. 10.15, *з*).

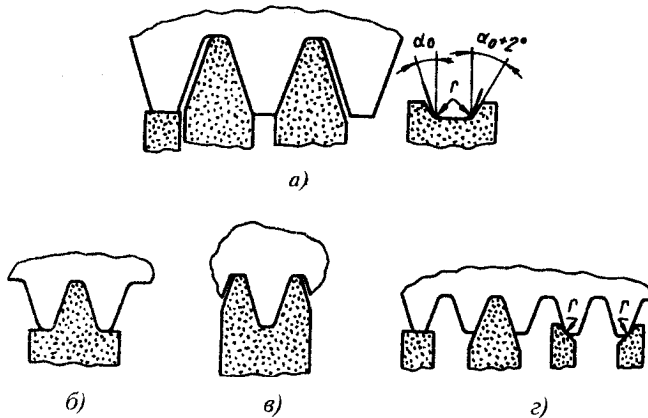


Рис. 10.15. Схеми шліфування профілю черв'ячних фрез

При шліфуванні профілю кінцевою поверхнею дискових кругів зі збільшенням модуля та кута підймання витків фрез з'являється непрямолінійність профілю. З метою її усунення дискові та чашкові круги заправляються по опуклій кривій. Правка шліфувального круга алмазом здійснюється за допомогою пристосування, показано на рис. 10.16. На сталевій пластині 3 (рис. 10.16, *а*) закріплено два штифти 2 і мікрометрична головка 6 з опорною шайбою 5. При правці круга державка 4 з алмазом притискається до штифта та опорної шайби і вручну переміщається в напрямку стрілок. Подача алмазу проводиться переміщенням пластини 3 по напрямних за допомогою ходового гвинта. При заправці другої сторони профілю державка 4 повертається і опирається на інший штифт 2. Кут профілю регулюється переміщенням опорної шайби 5 за допомогою мікрометричного гвинта. При необхідності зміни кута профілю у великих межах (понад 3°) встановлюють шайбу 5 з іншим діаметром.

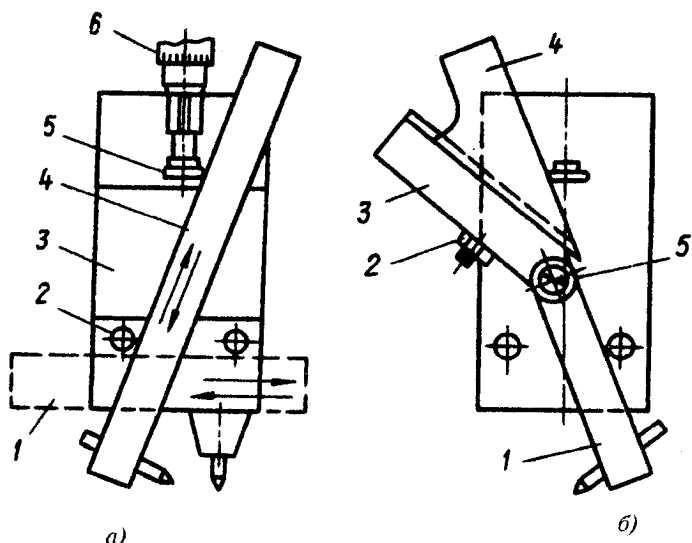


Рис. 10.16. Пристосування для правки шліфувального круга

Для правки круга по зовнішньому діаметру використовується державка 1, яка притискається до двох штифтів 2.

Для правки круга по кривій використовують шарнірну державку (рис. 10.16, б). Перед правкою державка 1 повертається відносно повзуна 3 на невеликий кут і після цього затискається гвинтом 5, що служить одночасно і віссю.

Зміщуючи повзун 3 відносно планки 4 і фіксуєючи його положення гайкою 2, можна змінити кут заправки круга, не переміщуючи при цьому шайби. Це використовується при шліфуванні фрез під шевінгування, що мають потовщення по головці та ніжці зуба. Основний кут заправляється простою державкою, а кути біля головки і ніжки зуба – за допомогою двох шарнірних державок, що настроєні відповідно на різні кути. Відсутність переналадження пристосування забезпечує стабільність кутів у всій партії фрез.

Правка кругів для модифікованого профілю може бути виконана за допомогою копірних пристосувань. Інколи круг разом з планшайбою знімають з верстата і правлять на спеціальному пристосуванні, наприклад, типу “Діаформ”.

Правка шліфувальних кругів за допомогою накатних роликів має ряд переваг перед правкою алмазом. При шліфуванні всіх поверхонь профілю за один прохід збільшується продуктивність, забезпечується стабільність якості. Із-за великої сумарної довжини лінії контакту круга з виробом шліфування проводиться з меншими подачами, що дозволяє зменшити шорсткість оброблюваної поверхні та запобіганню появи припалів.

Ролики виготовляють з інструментальної сталі і обробляють на тій же оправці, на якій шліфують фрези.

Для фрез з прямолінійним профілем на ролику роблять канавки з нерівномірним кроком, ролик загартовують, профіль його шліфують.

Для фрез з фасонним профілем (наприклад, зачеплення Новікова) ролики виготовляють незагартованими і без канавок. Профіль такого ролика проточують затиловочним різцем, а при шліфуванні першої фрези корегують за допомогою надфілю.

При правці круга ролик на оправці встановлюють в центрі верстата, шпindel шліфувального круга повертають в горизонтальне положення і при повільному обертанні круга (вручну за пас) і ручною поперечною подачею проводять профілювання круга. Далі шліфувальний шпindel повертається в початкове положення.

Для шліфування профілю черв'ячних фрез використовують абразивні круги форми ПП згідно з ГОСТ 2424-83 з електрокорунду білого або монокорунду на керамічній зв'язці. Діаметр, зернистість та твердість круга для чистового шліфування фрез вибирають в залежності від модуля і класу точності фрез за табл. 10.14.

Подані в таблиці діаметри дискових кругів забезпечують одержання необхідної довжини робочої частини зубів фрез. В останні роки для чистового шліфування фрез з модулями від 1 до 10 мм широко використовують круги з ельбору з двостороннім конічним профілем на керамічній зв'язці зернистістю Л8–Л12 та твердістю М3–СМ1. Використання кругів з ельбору забезпечує високу якість шліфування без припалів, підвищує точність та продуктивність обробки за рахунок зменшення нагрівання виробу і підвищення стійкості шліфувального круга.

Таблиця 10.14
Характеристика кругів для чистового шліфування фрез

Модуль	Діаметр круга, мм	Зернистість		Твердість
		фрези класів С, В, А	фрези класів АА та ААА	
0,3–0,9	50	8–10	8–10	СМ1–СМ2
1,0–2,5	63	16	10	М3–СМ1
2,5–4,6	80	25	16	М3–СМ1
4,6–8,0	100	25	16	М2–СМ1
9,0–10	125	25	16	М2–СМ1

Профіль шліфується на точних конічних або циліндричних оправках. Обробка фрез класів В та А звичайно проводиться на оправках з конусністю 0,04:(100–200). Для шліфування фрез класів АА та ААА використовуються циліндричні або конічні оправки з інтервалом зміни діаметра 0,02 мм. Необхідну оправку підбирають в залежності від фактичного діаметра отвору.

Шліфування профілю проводиться при швидкостях виробу 2,5–4,5 м/хв та величинах радіальних подач при попередньому окремому шліфуванні бокових сторін до 0,05–0,06 мм, при попередньому шліфуванні накатним кругом всього профілю – до 0,03–0,04 мм. Чистове шліфування виконується з радіальними подачами 0,015–0,02 мм і виходження без подачі за 3–6 проходів в залежності від точності фрези. Кут профілю, висоту і товщину зуба попередньо контролюють при затилуванні зубів. Остаточний контроль профілю фрез здійснюється на спеціальних приладах.

Фрези класів ААА, АА та А контролюються на контрольно-вимірювальних машинах для перевірки черв'ячних фрез моделей БВ–5005, PWF 250 фірми Клінгельберг та ін.

Контроль кроку та кута профілю фрез класів В та С проводиться на приладі 19295–1 або на універсальному мікроскопі. Товщину зуба фрез перевіряють за допомогою мікроскопу. У фрез з гвинтовими канавками на мікроскопі контролюють кут профілю α_{no} по передній поверхні та проекції товщини зуба P_{np} і кроку S_{np} на осьову площину, що дорівнюють:

$$S_{np} = S_{no} \cos \lambda_m;$$

$$P_{np} = P_{no} \cos \lambda_m.$$

Профіль фрез із зачепленням Новікова контролюється на проекторі.

У черв'ячних фрез класів АА та ААА з метою підвищення точності виготовлення та зберігання точності в процесі експлуатації всі шліфувальні операції проводяться два рази. Після попереднього доведення отвору (із залишком припуску 0,015–0,02 мм шліфування торців, буртиків, заточування та шліфування профілю проводиться низькотемпературний відпуск в масляній ванні при температурі 180–200 °С з витримкою 1,5 години. Потім всі операції шліфування виконуються остаточно.

Особливості виготовлення твердосплавних фрез

Твердосплавні фрези використовуються при нарізанні зубчастих коліс з важкооброблюваних матеріалів, а також для обробки загартованих зубчастих коліс.

Дрібномодульні черв'ячні фрези часто виготовляють монолітними з пресованих заготовок. Фрези модулів 1,5–10 мм, як правило, виготовляються збірними. Різальні елементи таких фрез виконуються у вигляді гребінок, окремих монолітних твердосплавних зубів або зубів з напаяними пластинками з твердого сплаву. Характерними операціями технологічного процесу виготовлення твердосплавних фрез є припаювання пластин твердого сплаву і шліфування твердосплавних елементів алмазними кругами.

Представляє деякі труднощі правка алмазних кругів при шліфуванні профілю. Інколи для правки використовують метод круглого шліфування або шліфування на спеціальному верстаті мод. S8 фірми Мікрон. Метод цей малопродуктивний і може бути рекомендований тільки для правки неструмопровідних кругів.

Високопродуктивним методом правки алмазних кругів на металевій зв'язці є електроерозійний метод. Правлячим інструментом є або абразивний круг на струмопровідній зв'язці, або алмазний круг на зв'язці МВ. Правка проводиться при постій-

ному струмі напругою 12 В, коловій швидкості правлячого круга 20 м/с, робочого (алмазного) круга 1–2 м/с. Правлячий круг здійснює зворотно-поступальний рух вздовж своєї осі. Правлячий пристрій або монтується безпосередньо на шліфувально-затиловочному верстаті, або створюється окрема установка для правки круга.

Особливості виготовлення хвостових черв'яних фрез

З метою економії швидкорізальної сталі хвостовик у цих фрез виконується із сталі марок 45 або 40Х. Перед зварюванням на заготовці великого діаметра проточується шийка діаметром, яка дорівнює діаметру меншої заготовки. Після зварювання заготовки підлягають відпалу, потім йде токарна обробка. Операційні розміри при токарній обробці встановлюються з врахуванням припусків на наступну обробку: по діаметру різальної частини – 1,2_{-0,1} мм при модулі до 3 мм, 1,9_{-0,1} мм – при модулі понад 3 до 6 мм, 2,4_{-0,1} мм – при модулі понад 6 мм, по діаметру хвостової частини – 0,7_{-0,1} мм. Радіальне биття після обробки допускається в межах 0,1 мм.

На відміну від насадних фрез, що обробляються на загартованій жорсткій оправці, хвостові фрези в подальшому обробляються в центрах. Тіло фрези має низьку твердість і може деформуватися, тому режими обробки значно зменшуються у порівнянні з обробкою насадних фрез, а припуски на наступну обробку дещо збільшуються.

Хвостові фрези часто мають глухі стружкові канавки, без виходу для шліфувального круга, і великий кут нахилу канавок. В цьому випадку використовуються шліфувальні круги можливого малого діаметра. Деякі заточувальні верстати (наприклад, мод. ЗА662) мають в комплекті спеціальні шліфувальні бабки для заточування хвостових фрез кругами малого діаметра та пристрої для заточування глухих канавок. В ряді випадків ці фрези заточуються на універсально-заточувальних верстатах, необхідний гвинтовий рух створюється за допомогою синусної лінійки або копірної втулки з підпорою. В усьому іншому обробка хвостових фрез виконується так, як і насадних фрез.

Особливості виготовлення збірних черв'ячних фрез

Характерною особливістю сучасної технології виготовлення збірних фрез є шліфування профілю не на затилувальному верстаті, як у суцільних фрез, а на верстаті для шліфування черв'яків чи різьбошліфувальному верстаті. При шліфуванні профілю рейки фрези повертаються на задній кут, в залежності від конструкції фрези, або в спеціальному технологічному корпусі, або в несиметричних кутових пазах безпосередньо в робочому корпусі. Такий спосіб шліфування забезпечує постійність профілю після переточування на всій довжині зуба і дозволяє збільшити довжину зуба (відповідно, попередня обробка профілю проводиться не на затилувальному верстаті, а на різьбофрезерному або токарно-гвинторізному). Крім того, з'являється можливість збільшити задні кути до $15\text{--}18^\circ$, що позитивно впливає на працездатність фрези.

У фрез з прямокутними пазами шліфування профілю виконується в технологічному корпусі (рис. 10.17, а) із зміщеними на величину H пазами, в які встановлюються рейки.

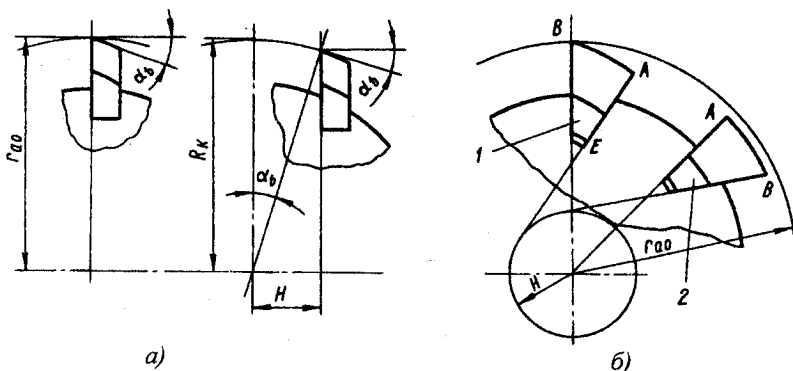


Рис 10.17. Схема шліфування профілю збірних фрез по колу

Величина зміщення рівна:

$$H = r_{ao} \sin \alpha_b,$$

де r_{ao} – зовнішній радіус фрези;

α_b – задній кут на вершині зуба в торцевому перерізі.

Після обробки в технологічному корпусі гребінки переставляються в корпус фрези.

У фрез з кутовими пазами (рис. 10.17, б) як технологічний корпус використовується корпус фрези. При установці рейок в положення 1, при якому їх передня поверхня співпадає з радіальним напрямком паза, корпус виконує роль робочого. Якщо повернути рейки на 180° і встановити їх в положення 2, корпус виконує роль технологічного пристосування. При цьому кут паза повинен бути таким, щоб продовження сторони AE паза дотикались до кола радіуса $H = r_{ao} \sin \alpha_b$.

10.7. Зубонарізні довбачі

Довбачі використовуються для обробки зубів циліндричних прямозубих та з косими зубами зубчастих коліс зовнішнього і внутрішнього зачеплення, а також для обробки зубів валів та отворів шліцьових з'єднань. За конструктивним оформленням кріпильної частини довбачі поділяються на дискові (рис. 10.18, а) і чашкові (рис. 10.18, б).

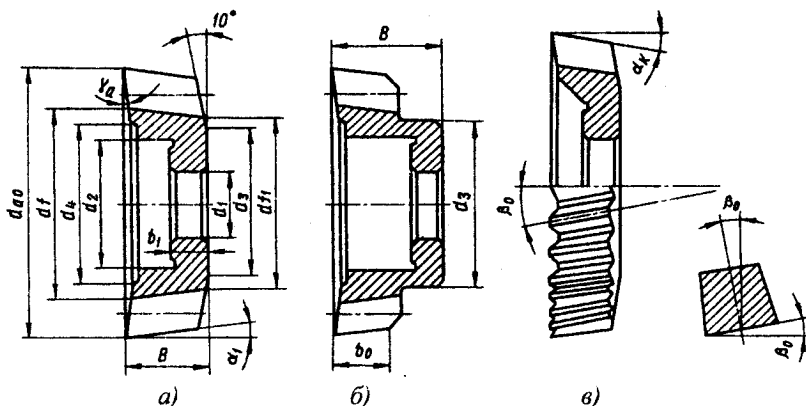


Рис. 10.18. Типи зуборізальних довбачів

Технологія виготовлення прямозубих довбачів

Нижче наведена послідовність операцій при виготовленні дискових і чашкових довбачів:

1. Відрізання.
2. Кування або штампування.
3. Відпал.
4. Галтування.
5. Токарна чорнова.
6. Токарна чистова.
7. Зубофрезерувальна.
8. Маркування.
9. Термічна обробка. Загартування та відпуск.
10. Дробоструминна.
11. Шліфування стрічки на передньому торці.
12. Шліфування заднього опорного торця.
13. Шліфування отвору.
14. Доведення отвору.
15. Шліфування внутрішнього торця.
16. Зубошліфування.
17. Шліфування задньої поверхні по вершинах зубів.
18. Шліфування передньої поверхні зубів.
19. Шліфування радіусів по вершинах зубів.
20. Маркування.
21. Шліфування передньої поверхні зубів.

Довбачі, як правило, виготовляються з кованих або штампованих заготовок. Цим забезпечується більш рівномірний розподіл карбідів по об'єму металу.

Розміри кованих заготовок визначаються з врахуванням припусків. (Припуски додаються до номінальних розмірів виробу).

Токарна обробка

Порядок та кількість переходів при токарній обробці залежить від наявності обладнання. При багатосерійному виробництві використовують токарні напівавтомати і верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК). При малосерійному виробництві використовуються універсальні токарні верстати та верстати з ЧПК.

Припуски після токарної обробки довбачів наведені в табл. 10.15, операційні розміри отворів – в табл. 10.16.

Таблиця 10.15
Припуски після токарної обробки довбачів

Номінальний ділильний діаметр d_o	Чорнове точіння			Чистове точіння			
	ΔB_2		Δb_2	Δd_{a2}	ΔB_1	Δb_1	Δd_{a1}
	$B \leq 30$	$B > 30$					
До 80				$2,0^{-0,3}$			$1^{-0,1}$
100–125	$1,8^{-0,3}$	$2^{-0,3}$	$0,8^{-0,3}$	$2,2^{-0,3}$	$0,8^{-0,3}$	$0,3^{-0,3}$	$1,2^{-0,1}$
160				$2,5^{-0,3}$			$1,5^{-0,1}$
200	$2^{-0,3}$	$2,2^{-0,3}$	$0,9^{-0,3}$	$2,9^{-0,3}$	$1^{-0,3}$	$0,4^{-0,2}$	$1,7^{-0,1}$

Примітка: Для всіх номінальних ділильних діаметрів: $\Delta d_2 = 1,5^{+0,5}$.

Таблиця 10.16
Операційні розміри і допуски на обробку отворів довбачів, мм

Діаметр отвору	Діаметр отвору після		
	свердлування*	розточування	шліфування
16	$14,5^{+0,4}$	$15,7^{+0,04}$	$15,985^{+0,01}$
20	$17,5^{+0,3}$	$19,57^{+0,04}$	$19,985^{+0,01}$
31,743	$28^{+0,3}$	$15,985^{+0,04}$	$31,723^{+0,015}$
44,443	$41^{+0,3}$	$44,05^{+0,05}$	$44,423^{+0,015}$
76,2	$73^{+0,4}$	$75,7^{+0,05}$	$76,175^{+0,02}$
88,9	$85^{+0,4}$	$88,35^{+0,05}$	$88,875^{+0,02}$
101,6	$98^{+0,5}$	$101^{+0,1}$	$101,575^{+0,02}$

* Отвори 76,2 мм і більше не свердлять, а вирізають серцевину різцем.

При токарній чорновій обробці на верстатах з ЧПК (рис. 10.19, а) підрізають торці 1 та 5, свердлять отвори 2, розточують виточку 4, підрізають торець 3, обточують зовнішній діаметр 6 (у довбачів з діаметром ділильного кола $d_o = 50$ –125 мм – пакетом на оправці, у довбачів з $d_o = 150$ мм – в патроні).

При токарній чистовій обробці на верстаті з ЧПК (рис. 10.19, б) проточують поверхню 8, розточують фаску 6, підрізають торець 5, прорізають канавку 4, розточують виточки 7 та 3, отвір 2 та фаску 1. Після цього довбач встановлюють виточкою на зворотні кулачки (рис. 10.19, в), обточують зовнішній діаметр 1, підрізають торець 2 і проточують скіс 3.

Технічні вимоги до довбачів після токарної обробки: биття передньої поверхні відносно осі отвору – не більше 0,15 мм, биття внутрішнього опорного торця відносно осі отвору – не більше 0,05 мм, биття по зовнішньому діаметру – не більше 0,1 мм.

Зубофрезерування

Зубці довбачів зазвичай фрезерують черв'ячною фрезою на зубофрезерному верстаті. Для одержання бокових задніх кутів по профілю зубців фреза повинна переміщатися під кутом α_k до осі довбача (рис. 10.18). Це досягається сумою вертикальної подачі фрези і радіальної подачі заготовки, що стає можливим після модернізації зубофрезерного верстата. На рис. 10.20 показана кінематична схема ланцюга, що зв'язує гвинт I радіальної подачі та гвинт II вертикальної подачі відповідно, до і після модернізації верстата мод. 5К32. Кінці валів III та IV виводяться ззовні, замість шестерень 1 та 2 вони з'єднуються гітарою.

Числа зубів змінних шестерень a та b визначаються за формулою:

$$\frac{a}{b} = \frac{50}{27} \operatorname{tg} \alpha_k$$

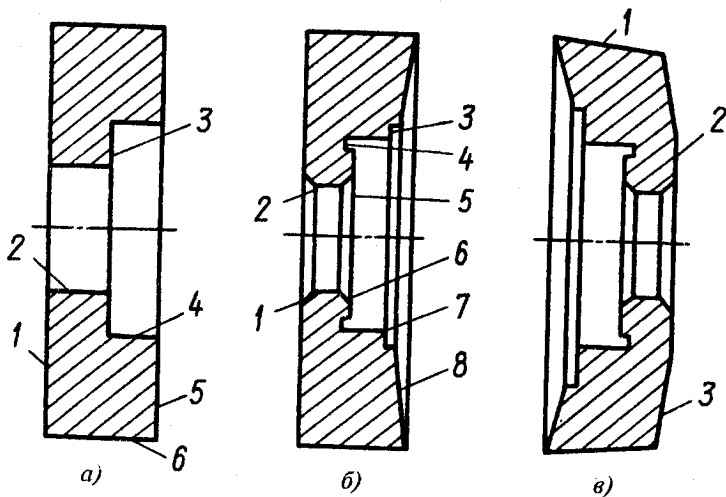


Рис. 10.19. Токарна обробка довбачів

Боковий задній кут по профілю можна також отримати ручним радіальним переміщенням заготовки до центра фрези (рис. 10.21, а)

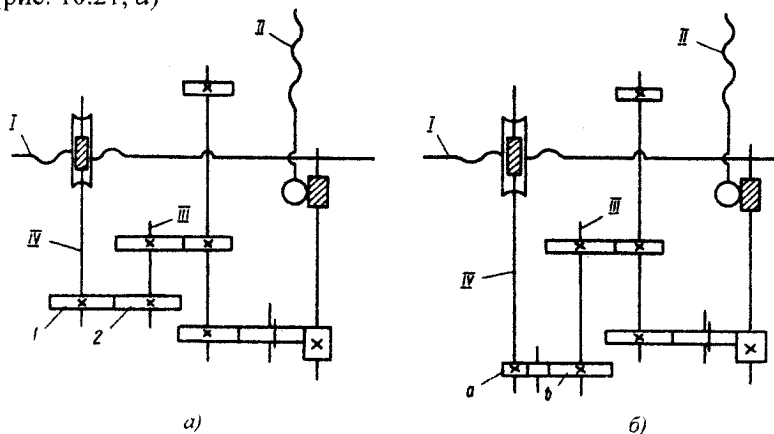


Рис. 10.20. Кінематична схема верстата 5K32 до та після модернізації

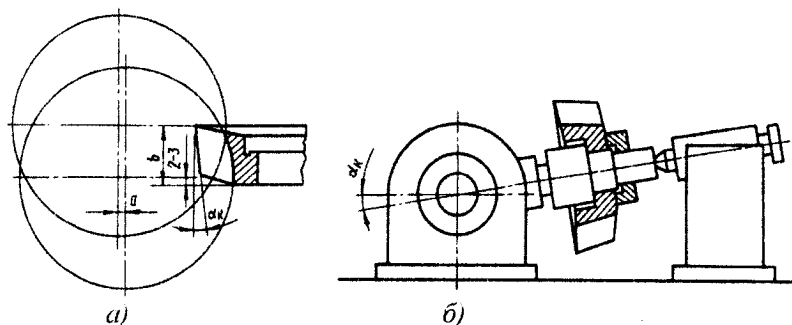


Рис. 10.21. Фрезерування зубів довбачів

Спочатку довбач фрезерується з вертикальною подачею. Коли вісь фрези наблизиться на відстань 2–3 мм до заднього торця, вертикальна подача вимикається і вручну здійснюється радіальна подача виробу на величину $a = (B - 2 \dots 3) \operatorname{tg} \alpha_k$.

При цьому способі фрезерування не потрібна модернізація верстата, але спосіб не забезпечує стабільності розмірів зуба

біля заднього торця довбача і вимагає необхідних навичок робітника.

При відсутності зубофрезерного верстата зубці довбачів можна фрезерувати на горизонтально-фрезерному верстаті фасонною фрезою з використанням для ділення універсальною ділильною головкою (рис. 10.21, б). Цей спосіб є малопродуктивним і дає значні похибки форми зуба. Профіль впадини між зубами в різних перерізах довбача перемінний, тому визначаються координати окремих точок профілю впадин в крайніх торцевих перерізах. Ці два профілі поєднуються і знаходять оптимальний профіль фрези. При фрезеруванні дисковою фрезою приходится залишати збільшений припуск під шліфування. Припуски по товщині зуба ΔS (рис. 10.22, а) після фрезерування черв'ячною фрезою на наступну обробку наведені в табл. 10.17.

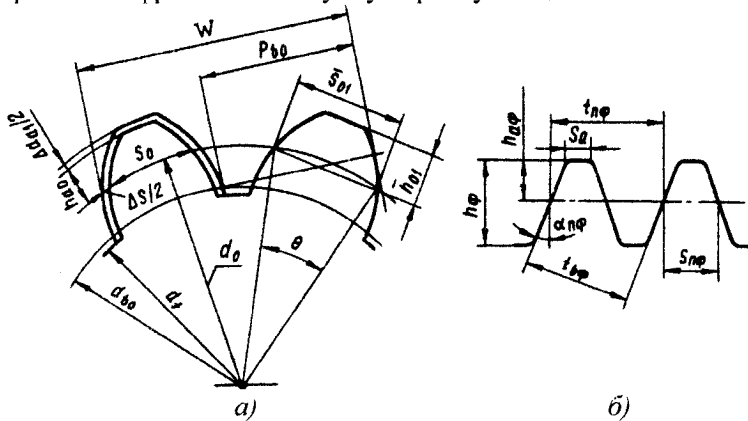


Рис. 10.22. Схема визначення профілю черв'ячної фрези

Таблиця 10.17

Припуски на товщину зуба довбачів після фрезерування, мм

Модуль	Номинальний ділильний діаметр	
	$d_n \leq 100$	$d_n > 100$
Від 0,8 до 2,5	$0,5_{-0,1}$	$0,6_{-0,1}$
Понад 2,5 до 4,0	$0,7_{-0,1}$	$0,8_{-0,1}$
Понад 4,0 до 8,0	$0,8_{-0,1}$	$1,0_{-0,1}$
Понад 8,0 до 12	$1,0_{-0,1}$	$1,2_{-0,1}$

По діаметру западин зубці довбачів фрезеруються в остаточний розмір з допуском -1 мм.

Швидкість різання при зубофрезеруванні на верстаті 5К32 складає 15–20 м/хв. Подача залежить від модуля довбача, що нарізається:

Модуль, мм	Подача, мм/об	Модуль, мм	Подача, мм/об
0,8–1,0	0,7–1,0	2,5–5,0	2,5–2
1,5–2,0	1,5–2,0	6,0–8,0	1,5–1,0

Фрезерування зубців довбачів проводиться спеціальними чер'ячними фрезами.

Розміри профілю фрези (рис. 10.22, б) знаходять з виразів:

$$t_{нф} = \pi m_o;$$

$$\alpha_{нф} = \alpha_o,$$

де α_o – кут профілю вихідного контуру довбача.

$$h_{аф} = \frac{d_o - d_f}{2} + 0,5;$$

$$S_{нф} = \pi m_o - (S_o + \Delta S);$$

$$h_{ф} = \frac{d_{ао} + \Delta d_{d1} - d_f}{2} + 0,5,$$

де 0,5 – половина допуску на діаметр западин довбача.

Фрези для довбачів у порівнянні з фрезами для зубчастих коліс мають збільшену висоту і зменшену на величину припуску під шліфування ΔS товщину зубів. Тому у фрез малих модулів загострюються вершини зубів, що негативно впливає на їх стійкість. Для збільшення ширини вершини S_o фрез для довбачів з $m_o \leq 3$ мм кут профілю $\alpha'_{нф}$ приймається на $2-3^\circ$ меншим за кут профілю довбачів α_o . Нормальний крок фрези $t'_{нф}$ в цьому випадку визначається з умови рівності кроку фрези по лінії зачеплення та основного кроку довбача:

$$t'_{нф} = \pi m_o \cdot \frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha'_{нф}}.$$

Розрахункові висоту головки та товщину зуба фрези визначають за формулами:

$$h'_{аф} = \frac{d_{\omega} - d_f}{2} + 0,5;$$

$$S'_{нф} = t'_{нф} - (S_o + \Delta S) - \text{inv} \alpha_{o1} + \text{inv} \alpha'_{нф},$$

де d_{ω} – діаметр початкового обводу при фрезеруванні:

$$d_{\omega} = \frac{t'_{нф} z_o}{\pi};$$

α_{o1} – корегований кут профілю довбача, що компенсує похибки від переднього і заднього кутів:

$$\text{tg} \alpha_{o1} = \frac{\text{tg} \alpha_o}{1 - \text{tg} \gamma_a \text{tg} \alpha_k};$$

z_o – число зубів довбача.

На операції фрезерування зубів встановлюються наступні технічні вимоги: похибка профілю – до 0,05 мм; товщина зуба – до 0,1 мм; діаметр кола западин по передній поверхні та задньому торцю d_{fl} – до 1,0 мм; радіальне биття профілю зубів – до 0,05 мм, відхилення бічного заднього кута по профілю зубів – до 0,05 мм.

Евольвентний профіль та бокові задні кути контролюються також, як і після операції шліфування профілю.

Товщина зубів прямозубих довбачів зазвичай перевіряється штангенциркулем по загальній нормалі. Контрольований по передній поверхні розмір W (рис. 10.22, а) дорівнює:

$$W = W_{max} + \Delta S,$$

де W_{max} – максимальний розмір довжини загальної нормалі при шліфуванні профілю.

Діаметр западин контролюється штангенциркулем. При непарному числі зубів визначається розмір на найбільшій хорді:

$$d_{fx} = d_f \cos \left(\frac{90^\circ}{z_o} \right).$$

Для довбачів з $z_o > 30$ можна прийняти $d_{fx} = d_f$. Діаметр кола западин по задньому торцю дорівнює:

$$d_{f1} = d_f - 2B \cdot \operatorname{tg} \alpha_k.$$

Радіальне биття профілю зубів контролюється в центрах індикатором. Змінні вимірювальні наконечники індикатора мають конічну або кульову форму. Кут конуса наконечника повинен дорівнювати $2\alpha_o$ для забезпечення контакту з профілем зуба по діляльному циліндру. З цією метою підбирається для кожного модуля довбача діаметр кульового наконечника.

Шліфування довбачів

Після термообробки шліфують плоску стрічку по передній поверхні довбача. Стрічка є базою для наступного шліфування зовнішнього опорного торця. При ширині стрічки 1–3 мм та передньому куті довбача 5° знімання по висоті складає 0,1–0,25 мм.

До поверхні внутрішнього опорного торця довбача ставляться жорсткі вимоги: параметр шорсткості R_a не повинен перевищувати 0,16 мкм, неплосинність – не більше 0,005 мм в бік піднутрення, завали країв допускаються на відстані до 3 мм від поверхні скосу або від зовнішнього діаметра буртика. Ці вимоги забезпечуються при шліфуванні торцем круга на плоскошліфувальному верстаті з круглим столом та вертикальним шпинделем. Кращі результати отримують при шліфуванні кільцевим кругом, а не сегментами. Характеристика круга – 24А, 40, СМ1–СМ2 на бакелитовій зв'язці. Режими шліфування: швидкість $V = 22$ м/с, частота обертання стола $n = 14$ об/хв, вер-

тикальна подача при чорновому шліфуванні – 0,6 мм/хв, при чистовому – 0,2 мм/хв, час виходжування – 6–7 хв. Як охолоджувальну рідину використовують содовонітритний розчин. На деяких заводах зовнішній опорний торець довбачів остаточно доводять на довідному верстаті, використовуючи чавунну плиту. Неплощинність контролюється перевіркою лінійкою.

При шліфуванні отвору довбач кріпиться прихоплювачами до планшайби верстата або встановлюється в магнітному патроні.

Центрування довбача по осі патрона 1 (рис. 10.23) здійснюється за допомогою пристосування. Диск 3 зовнішньої поверхні базується по трьох кулачках 2, що закріплені на патроні. Довбач центрується конічною частиною оправки 4. Після вмикання магніту оправка з диском знімається.

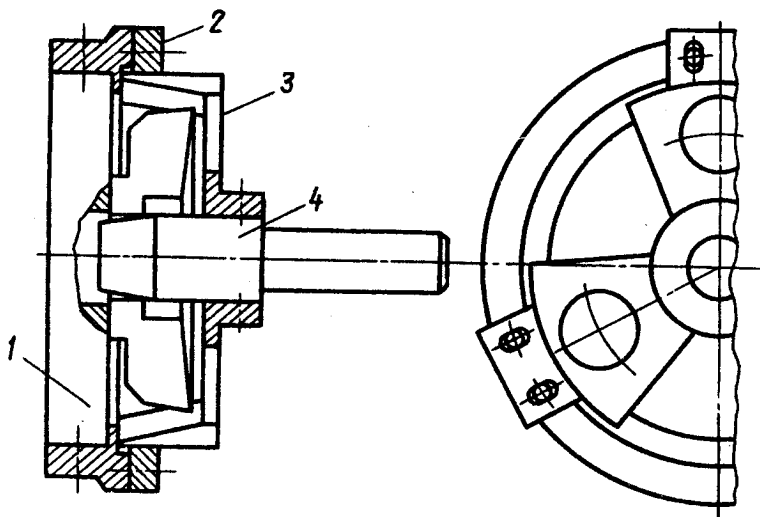


Рис. 10.23. Пристосування для центрування довбача при шліфуванні отвору

Для шліфування отвору використовуються круги: 24А, 40–25, СМ1–СМ2, К. Висока якість та висока продуктивність забезпечується використанням кругів з ельбору Л6–Л10, СМ1, К.

Діаметри отворів довбачів після шліфування можуть контролюватися межовими калібрами, нутроміром або за допомогою спеціальних приладів.

Конусність та овальність отвору допускається в межах допуску на діаметр отвору.

Контроль перпендикулярності зовнішнього опорного торця відносно осі отвору здійснюється на спеціальному приладі, (рис. 10.24). Довбач притискається поверхнею отвору до нерухомого упору 1. Рухомий упор, з'єднаний з вимірювальною головою контактує з поверхнею отвору на відстані L від нерухомого упору. Довбач повертають на 360° і визначають найбільшу різницю показів головки δ .

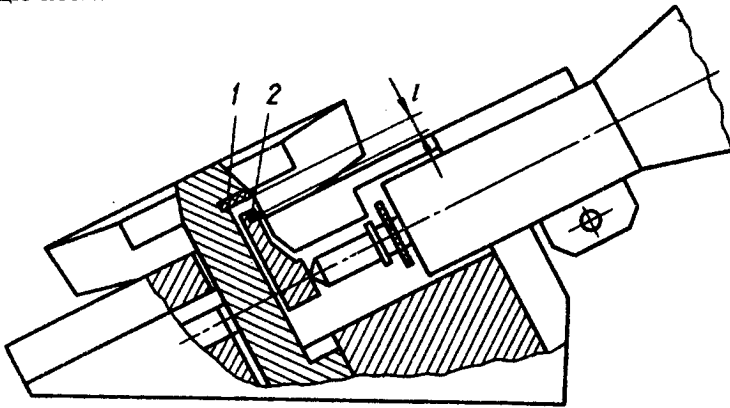


Рис. 10.24. Контроль перпендикулярності отвору до торця

Відхилення від перпендикулярності опорного торця на радіусі R відносно осі отвору:

$$f_{xy} = \frac{\delta R}{2L}.$$

З метою забезпечення необхідних шорсткості та точності отвір довбача хонінгується або доводиться. Хонінгування може

проводиться на верстатах мод. 3821 з використанням алмазних брусків АС, 60/40, 100, М1. Як МОР використовується суміш 70 % гасу з 30 % веретенного масла. Доведення здійснюється на вертикально-свердлильних верстатах чавунними притирами з пастою із порошку карбіду кремнію зеленого 63С зернистістю М20–М14 та веретенного масла. Притири насаджуються на конічну оправку (зокрема конусністю 1:50). При хонінгуванні та доведенні розміри отвору контролюються тими ж вимірювальними засобами, що й при шліфуванні.

Внутрішній опорний торець шліфують на внутрішньо-шліфувальному верстаті торцем круга з характеристикою – 34А, 40–25, СМ1–СМ2, К. Довбач при цьому кріпиться на магнітному патроні. Непаралельність опорних поверхонь перевіряється на пристосуванні.

Шліфування профілю – найбільш складна та трудомістка операція виготовлення довбачів. Її трудомісткість складає 60–70 % від загальної трудомісткості виготовлення довбачів. Якість та точність виконання цієї операції визначають клас точності довбача.

Шліфування профілю довбачів виконується на спеціальних зубошліфувальних верстатах, які працюють за методом обкачування. Використовуються верстати різних схем шліфування: верстати, що обробляють профіль зубів плоскою торцевою поверхнею шліфувального круга; верстати, що працюють абразивними черв'ячними кругами; верстати, на яких проводиться обробка конічними сторонами круга на прохід.

Шліфування довбачів з модифікованим профілем. Довбачі з модифікованим профілем широко використовуються в промисловості. Шліфування профілю з потовщенням по ніжці може бути виконане двома способами.

Один із способів одержання потовщення ніжки зуба полягає в неповному огинанні профілю. Верстат настраюється так, щоб при крайньому положенні площина круга розміщувалась по дотичній до точки початку потовщення. Ділянка евольвентного профілю, розміщена нижче цієї точки, не дошліфовується.

Такий спосіб має суттєві недоліки: значно змінюються розміри потовщення в міру переточування довбача, не завжди можна одержати необхідну величину потовщення.

Більш вірним і розповсюдженим способом є шліфування з повним огинанням фасонно-заправленим кругом (рис. 10.25, а). В цьому випадку розміри отриманого потовщення змінюються в міру переточування довбачів значно менше. Змінюючи кут заправки круга $\Delta\alpha$ можна одержати необхідні розміри потовщення. Для фасонної заправки круга на верстатах мод. МШ-232, 5892, 5893 передбачено спеціальний пристрій, показаний на рис. 10.26, а. В середині рейки, що пересувається, встановлений важіль, що коливається на осі. На одній стороні важеля закріплено алмаз, а інший кінець ковзає по копіру. Співвідношення плечей важеля – 1:5, тому для заправки на крузі кута $\Delta\alpha$ кут профілю копіра $\alpha_{ш}$ (рис. 10.26, б) знаходять з виразу:

$$\operatorname{tg}\alpha_{ш} = 5\operatorname{tg}\Delta\alpha.$$

Кут заправки шліфувального круга $\Delta\alpha$ дорівнює куту модифікації вихідного контуру твірної рейки.

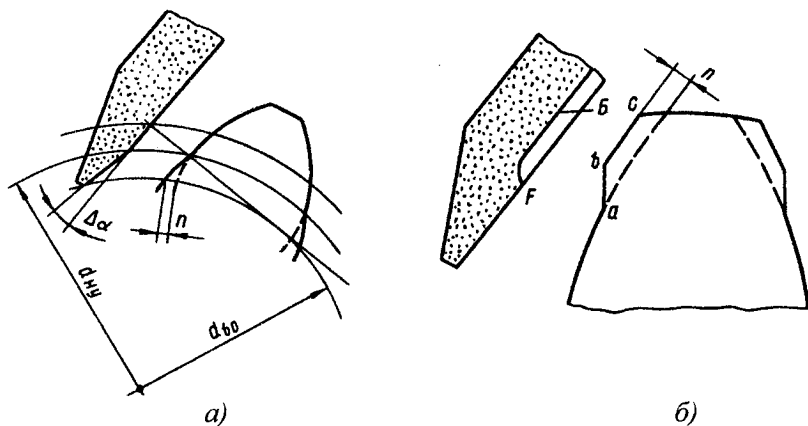


Рис. 10.25. Шліфування довбачів з модифікованим профілем

Шліфування профілю довбача з потовщенням по головці зуба може бути виконане тільки методом повного огинання у зв'язку з необхідністю виходу шліфувального круга із зачеплення з виробом до наступного поділу на зуб. Форма профілю потовщення, зазвичай одержаного при шліфуванні, показана на

рис. 10.25, б. Профіль потовщення складається з ділянки bc еквідистантної евольвенти, що відстає на задану величину n від основної евольвенти та перехідної ділянки ab . Форма профілю шліфувального круга для одержання такого профілю потовщення і відповідна форма копіру до пристосування для правки круга показані на рис. 10.25, б та 10.26, в.

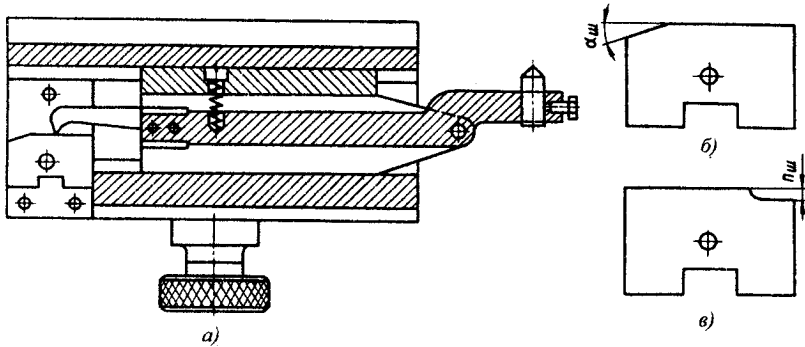


Рис. 10.26. Копірний пристрій для фасонної правки круга

Під час огинання точка F шліфувального круга утворює перехідну ділянку ab , а площина B круга – евольвентну ділянку bc потовщення.

При шліфуванні профілю довбачів використовують абразивні круги форм ЗП з білого електрокорунду на керамічній зв'язці. Зернистість та твердість круга вибирають в залежності від довбача:

Модуль, мм	Зернистість	Твердість
1,5–2,5	16	СМ2–СМ1
2,5–4	16–25	СМ1–М3
4 та вище	25–40	М3–М2

Доцільно остаточну обробку профілю проводити кругами з ельбору Л10СМ1 К8 100 %, залишаючи на її припуск 0,1 мм по товщині зуба. Використання кругів з ельбору забезпечує якісне без припикання шліфування профілю з високою точністю при великій стійкості круга. Стійкість довбачів, оброблених по ризальній частині ельбором, підвищується приблизно на 30 %.

Довбачі шліфують при режимах: швидкість – 25–30 м/с, число подвійних ходів за хвилину – 18–30, подача – 0,02–0,03 мм/об з наступним виходженням без подачі 3–7 обертів.

Шліфування профілю довбачів на верстатах, що працюють абразивним черв'ячним кругом. Цей метод в даний час використовується для довбачів з $m_o = 0,3\text{--}2,5$ мм. Він найбільш продуктивний внаслідок безперервності процесу, відсутності втрат часу на поділ, одночасного шліфування обох сторін зубів, великої сумарної поверхні абразивного круга, що бере участь в різанні.

Шліфування довбачів абразивним черв'яком за цією схемою здійснюється на спеціальних верстатах мод. ЕЗ–88 та модернізованих верстатах мод. 5В833. На цих верстатах на полозках бабки виробу встановлена проміжна поворотна плита (або плита з постійним кутом 6°). Таким чином, вісь довбача повернута на кут α_k до напрямку поздовжньої подачі (рис. 10.27).

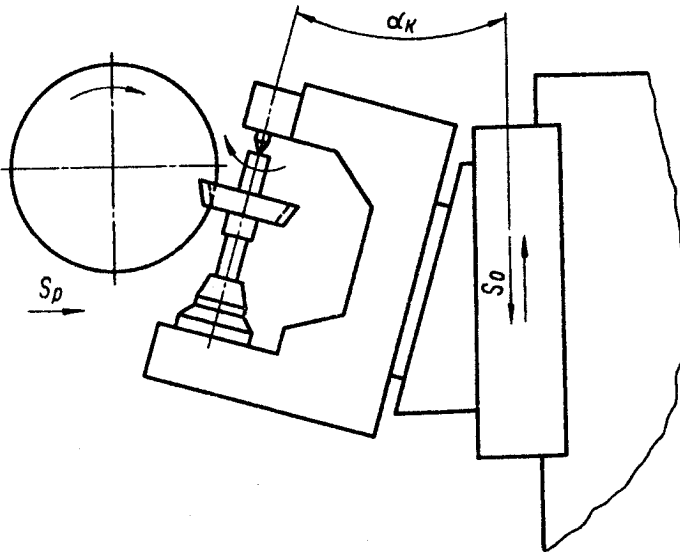


Рис. 10.27. Шліфування зубів довбачів абразивним черв'яком

При шліфуванні використовуються абразивні круги ПП 400х80х203 з білого електрокорунду на керамічній зв'язці. Зернистість та твердість вибирають в залежності від модуля довбача:

Модуль, мм	Зернистість	Твердість
0,3–0,8	3–4	С
0,8–1,25	6–8	СМ2
1,5–2,5	8–16	СМ1

Для довбачів з $d_o = 80–100$ мм та $m_o = 1–2,5$ мм використовуються наступні режими шліфування: число обертів шліфувального круга $n = 1500$ об/хв, що відповідають швидкості шліфування ≈ 30 м/с, радіальна подача – 0,05–0,04 мм на кожен хід супорта виробу при чорнових проходах та 0,02–0,01 мм при чистових. Число чистових проходів складає 5–7, число проходів при виходжуванні без подачі – 2–4. Поздовжня подача дорівнює 1,5–1,0 мм на оберт виробу при чорнових проходах, 0,6–0,5 мм/об – при чистових проходах, та 0,3–0,2 мм/об – при виході.

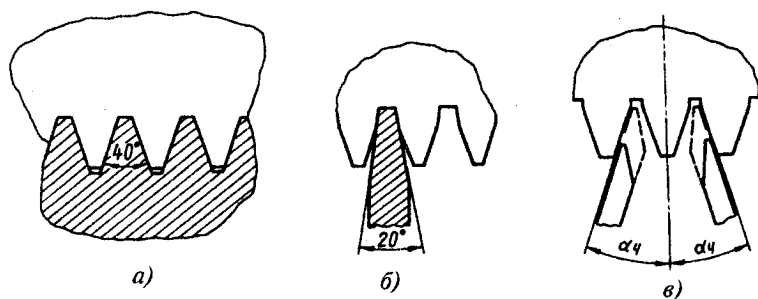


Рис. 10.28. Правка абразивного черв'яка

Точність профілю довбачів, що шліфуються, залежить від точності абразивного черв'яка. На верстатах змонтовані спеціальні пристрої для правки абразивних черв'яків. Попередня правка черв'яка здійснюється багатонитковим сталевим роликком з кільцевим нарізанням (рис. 10.28, а). Перед чистовою правкою прорізається дно западини одноститковим накатником з кутом

профілю $2\alpha = 20^\circ$ (рис. 10.28, б). Остаточна правка профілю абразивного черв'яка в осьовому перерізі для довбачів з $m_o \geq 1$ мм виконується алмазними різцями. Різці мають доведену з високою точністю різальну кромку довжиною 4 мм. По блоках кінцевих мір різці встановлюються на кут профілю черв'яка в осьовому перерізі α_r , і після кожного проходу подаються на величину 0,5–1,0 мм до тих пір, поки не буде заправлений профіль на всю висоту зуба (рис. 10.28, в). Кут профілю черв'яка в осьовому перерізі розраховується за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha_r = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{o1}}{\cos \alpha_k}.$$

Чистова правка абразивних черв'яків для шліфування довбачів з $m_o < 1$ мм здійснюється багатонитковим сталевим роликом з кінцевим нарізанням.

Накатний ролик використовується для чистової правки один раз, після чого він використовується для чорнової правки або знову шліфується. Припуск на остаточне шліфування довбача по товщині зуба – 0,1 мм.

Контроль довбачів після шліфування профілю. Після остаточного шліфування профілю контролюється похибка евольвентного профілю, товщина зубів, різниця сусідніх колових кроків, накопичена похибка колового кроку між зубами, радіальне биття зубчастого вінця, похибка направлення зубів, діаметр кола западин.

Профіль перевіряють на евольвентомірах із змінними дисками кочення, діаметр яких дорівнює діаметру основного кола довбача, або на універсальних евольвентомірах, наприклад, мод. БВ-5057, VG-450 (фірми К. Цейсс), PFSU-640 (фірми Клингльнберг) та ін.

Профіль довбачів перевіряється на висоті робочої частини зуба h_p . Передній зуб не дозволяє контролювати профіль довбача біля самої різальної кромки, тому прийнято контролювати профіль в перерізі, що відстає від переднього торця довбача на 2,5 мм. Для контролю профілю необхідно визначити кут розгортності робочої ділянки профілю τ_p (рис. 10.29).

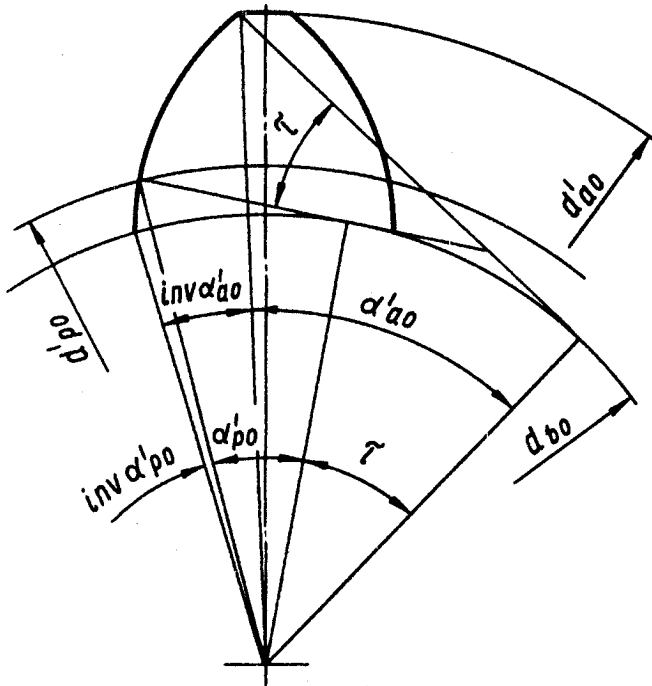


Рис. 10.29. Схема визначення кута розгорнутості
робочої ділянки профілю

Кут розгорнутості в радіанах визначають в перерізі контролювання, використовуючи формули:

$$\cos \alpha'_{ao} = \frac{d_{bo}}{d'_{ao}};$$

$$\cos \alpha'_{po} = \frac{d_{bo}}{d'_{po}};$$

$$\tau = \text{inv} \alpha'_{ao} + \alpha'_{ao} - \text{inv} \alpha'_{po} - \alpha'_{po} = \text{tg} \alpha'_{ao} - \text{tg} \alpha'_{po},$$

де d'_{ao} і d'_{po} – діаметри в контрольованому перерізі кола виступів та кола межі робочої ділянки.

При контролюванні модифікованого профілю аналогічно визначають кути розгорнутості та довжину розгорнутості в початкових точках модифікації.

Товщина зуба прямозубих довбачів контролюється заміром довжини загальної нормалі W . Вимірювання проводяться штангенциркулем. Підраховується два значення довжини загальної нормалі W_{max} та W_{min} з урахуванням допусків на висоту головки зуба $\pm fh_{ao}$ і на діаметр кола вершин $\pm fd_{ao}$.

$$W_{min}^{max} = \cos\alpha_{o1} \left[S_o \pm (fd_{ao} - 2fh_{ao})tg\alpha_{o1} + d_o \left(\frac{\pi \cdot n}{z_o} + inv\alpha_{o1} \right) \right],$$

де знак “+” – для W_{max} , знак “-” – для W_{min} .

Число n западин на довжині загальної нормалі дорівнює:

$$n \approx \frac{z_o \cdot \alpha_o}{180^\circ} - 0,5.$$

Для контролювання бокових задніх кутів довбачів і напрямку зубів шеверів використовується спеціальний прилад, що описано в розділі “Технологія виготовлення шеверів”. Величина бокового заднього кута по ділильному циліндру визначається за формулою:

$$tg\beta_o = tg\alpha_k \cdot tg\alpha_{o1}.$$

Контролюється відхилення ходу евольвентної гвинтової поверхні зуба:

$$P_{z_o} = \frac{\pi \cdot d_o}{tg\beta_o} = \frac{\pi \cdot m_o \cdot z_o}{tg\alpha_k \cdot tg\alpha_{o1}}.$$

Нерівномірність та накопичена похибка колового кроку перевіряється на приладі. Довбач повертається на оправці до торкання з сусідніми зубами нерухомого і рухомого упорів. Величина переміщення рухомого упора фіксується вимірювальною головкою. Перевіривши всі кроки, визначають їх різницю та підраховують накопичену похибку колового кроку.

На рис. 10.30 зображене пристосування для контролювання радіального биття зубчастого вінця довбачів. Довбач 4 встановлюється на оправку 3 пристосування. Змінний кульовий наконечник 2, закріплений на повзуні 1, вводиться у западину зуба довбача за допомогою держака. Пружиною 5 повзун з кульовим наконечником притискається до бокових поверхонь зубів довбача. Повертаючи довбач на оправці, послідовно вводять кульовий наконечник у всі западини зубів. Величина биття визначається по індикатору 6, вимірювальний наконечник якого впирається в п'ятку повзуна.

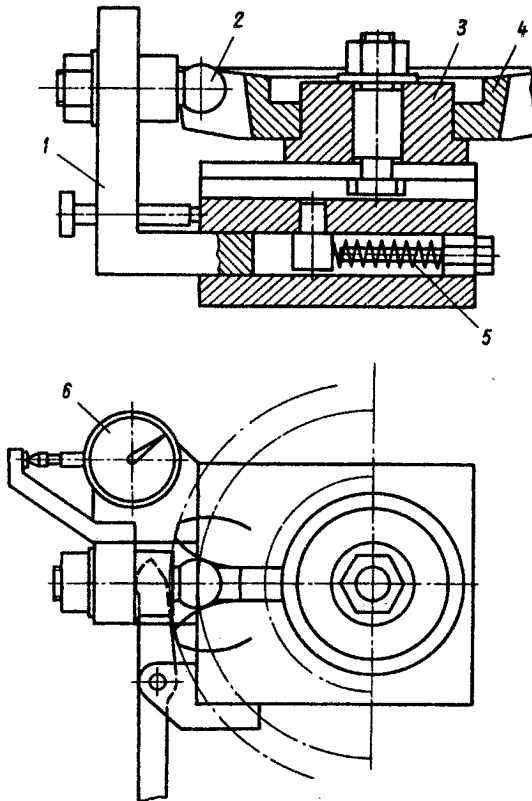


Рис. 10.30. Пристосування для контролювання радіального биття довбача

Шліфування задньої поверхні по вершинах зубів здійснюється на круглошліфувальних верстатах. Стіл верстата повертається на кут, рівний задньому куту довбача в обовому перерізі. При шліфуванні використовуються круги 24А, 16, С1, С2, К. На цій операції витримується висота головки зуба h_{ao} . Контроль здійснюється за допомогою граничної трапецеїдальної жорсткої або регульованої скоби чи тангенціального зубоміра (рис. 10.31).

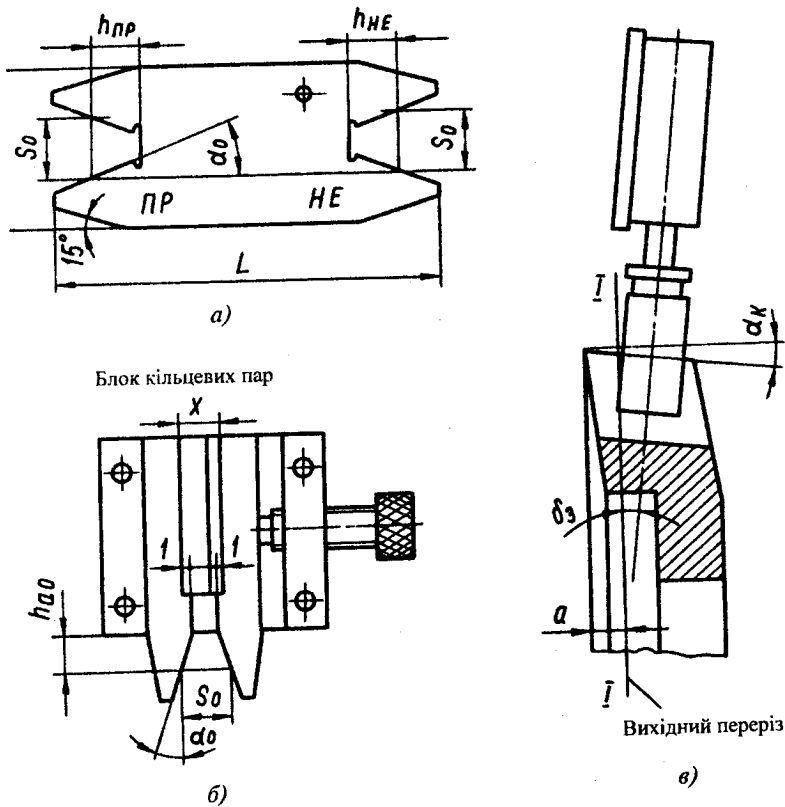


Рис. 10.31. Контроль товщини зуба довбача

Розміри скоби (рис. 10.31, а) розраховують за наступними формулами:

$$h_{np} = h_{ao} + fh_{ao};$$

$$h_{не} = h_{ao} - fh_{ao};$$

$$H = h_{ao} + 0,25m_o;$$

$$L = 2H + 20;$$

$$A \approx 2S_o, \text{ але не менше } 10 \text{ мм,}$$

де S_o – товщина зуба довбача по дузі ділильного кола;

h_{ao} – висота головки зуба.

Контроль товщини скоби проводиться в проекції різальної кромки на площину, перпендикулярну до осі довбача. Оскільки довбач має передній кут, то товщина скоби робиться порівняно великою – 2–3 мм.

На рис. 10.31, б зображена скоба із знятою кришкою. Скоба наструюється на необхідний розмір за допомогою площинно-паралельних кінцевих мір довжини. Для прохідної та непрохідної сторін використовують різні скоби.

Вимірювання товщини зуба довбача тангенціальним зубом проводиться поблизу вихідного перерізу. Зубомір встановлюють вимірювальними губками на бокові поверхні зуба довбача. Кут повороту δ_3 зубоміра (рис. 10.31, в) не дорівнює задньому куту довбача α_k . Він визначається за формулою:

$$\cos \delta_3 = \frac{\sqrt{\sin(\alpha_3 + \beta_{bo}) \sin(\alpha_3 - \beta_{bo})}}{\sin \alpha_3},$$

де α_3 – кут профілю вимірювальних губок зубоміра.

Діаметр ролика d_p , що відповідає розмірам зуба довбача S_o та h_{ao} (при якому покази тангенціального зубоміра рівні нулю), визначається за формулами:

$$\operatorname{tg} \alpha'_3 = \operatorname{tg} \alpha_3 \cos \delta_3;$$

$$S_3 = \frac{\cos \alpha_{o1}}{\cos \alpha'_3} \left[S_o - 2a \cdot \operatorname{tg} \alpha_k \operatorname{tg} \alpha_{o1} + d_o (\operatorname{inv} \alpha_{o1} - \operatorname{inv} \alpha'_3) \right];$$

$$h = \cos \delta_3 \left(\frac{d_{ao}}{2} - \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha_k - \frac{d_o}{2} \frac{\cos \alpha_{o1}}{\cos \alpha'_3} \right);$$

$$d_p = \frac{S_a \cos \alpha_a - 2h \sin \alpha_a}{1 - \sin \alpha_a},$$

де α'_a – кут профілю губок зубоміра в перерізі I-I (рис. 10.31, в);
 a – зміщення вихідного перерізу.

Для вимірювання товщини зуба довбача інколи не виготовляють спеціальний ролик, а використовують ролик діаметром d'_p , найближчий до d_p . В цьому випадку покази тангенціального зубоміра x , що відповідають заданим розмірам зуба довбача, рівні:

$$x = \frac{(d'_p - d_p)(1 - \sin \alpha_a)}{2 \sin \alpha_a}.$$

Контроль діаметра вершин проводиться мікрометром. При непарному числі зубів вимірюється найбільша хорда d_{ax} :

$$d_{ax} = d_{ao} \cos \left(\frac{90^\circ}{z_o} - \frac{S_a}{d_{ao}} 57,29578^\circ \right),$$

де

$$S_a = d_{ao} \left(\frac{S_o}{d_o} + \text{inv} \alpha_{o1} - \text{inv} \alpha_{ao} \right);$$

$$\cos \alpha_{ao} = \frac{d_{bo}}{d_{ao}}.$$

Шліфування передньої поверхні зубів може виконуватись на круглошліфувальних, плоскошліфувальних з круглим поворотним столом і на спеціальних верстатах для заточування довбачів мод. 3673.

Для шліфування використовуються круги 24А, 25, СМ1–СМ2, К. З метою зменшення шорсткості передньої поверхні використовують доводку кругами з карбїду кремнію зеленого (БЗС, 8–3, С2, Б5) або ельбору (Л5 та КБ). Передній кут контролюють за допомогою шаблону або приладу, биття перевіряється індикатором в пристосуванні.

Радіуси по вершинах зубів знімаються, як правило, вручну абразивними брусками 15А, 6–10, СМ1, К. Радіуси понад 0,5 мм спочатку шліфують на універсально-заточувальному верстаті в ділильній головці, а потім зачищають вручну бруском. Контроль радіусів проводиться на мікроскопі за допомогою профільної головки або на проекторі.

Особливості виготовлення косозубих довбачів

Фрезерування передньої поверхні зубів виконується на горизонтально-фрезерному верстаті дисковою двокутовою фрезою. Вісь шпинделя ділильної головки повертається відносно вертикальної осі на величину переднього кута γ_0 , а кут нахилу передньої поверхні β_0 забезпечується профілем фрези.

Після термообробки у цих довбачів, як і у прямозубих, на плоскошліфувальному верстаті шліфується стрічка по передній грані шириною 1–3 мм. Стрічка є базою наступного шліфування заднього опорного торця. Потім йде обробка базових поверхонь отвору і торців. Спочатку шліфуються зуби по передніх гранях, задня поверхня по вершинах зубів та профіль, остаточно шліфуються задня поверхня та зуби по передніх гранях.

Шліфування по передніх гранях виконується на верстатах мод. 3673 або на універсальних заточувальних верстатах в ділильній головці. Довбач повертається в двох напрямках: на кут нахилу гвинтової лінії β_0 і на передній кут 5° . Для шліфування використовуються круги 15А, 25, СМ1–СМ2, К.

Задня поверхня вершин зубів є базою для контролю товщини зуба при шліфуванні профілю довбачів з косими зубами. Тому вона шліфується перед шліфуванням профілю. На цій операції контролюється діаметр d_{ao} . Він виконується в остаточний максимальний розмір (без припусків), але з більш жорстким допуском ($-0,05$ мм).

Якщо при наступному шліфуванні профілю товщина зубів витримується в межах допуску, то повторно задня поверхня не шліфується. Якщо ж при шліфуванні профілю товщина зуба буде нижча, то проводиться остаточне шліфування по задній поверхні до одержання необхідної товщини зуба.

Контроль товщини зуба здійснюється трапецеїдальною скобою або тангенціальним зубоміром, після чого перевіряється діаметр вершин зубів мікрометром. Обладнання та шліфувальні круги на цій операції використовуються тіж, що й при обробці прямозубих довбачів.

У косозубих довбачів для косозубих коліс евольвентні поверхні гострої та тупої сторін зубів виконуються з різними діаметрами основних циліндрів d_{bo1} та d_{bo2} .

Кути установки полозок визначаються за формулами:

$$\cos \alpha_{y1} = d_{bo1} / d_k;$$

$$\cos \alpha_{y2} = d_{bo2} / d_k;$$

$$d_{bo1} = d_o \cos \alpha'_{o1};$$

$$d_{bo2} = d_o \cos \alpha'_{o2},$$

де α'_{o1} , α'_{o2} – ділильні кути профілю гострої та тупої сторін зубів довбача:

$$\operatorname{tg} \alpha'_{o1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{no} + \operatorname{tg} \Delta \beta_o \operatorname{tg} \gamma_\alpha}{\cos \beta_{o1}};$$

$$\operatorname{tg} \alpha'_{o2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{no} + \operatorname{tg} \Delta \beta_o \operatorname{tg} \gamma_\alpha}{\cos \beta_{o2}};$$

α_{no} – ділильний кут профілю в нормальному перерізі;

β_{o1} , β_{o2} – ділильні кути нахилу бічних поверхонь відповідно до гострої та тупої сторін зубів:

$$\beta_{o1} = \beta_o + \Delta \beta_o;$$

$$\beta_{o2} = \beta_o - \Delta \beta_o;$$

$$\operatorname{tg} \Delta \beta_o = \operatorname{tg} \alpha_{no} \operatorname{tg} \alpha_k \cos \beta_o,$$

$\Delta \beta_o$ – боковий задній кут ділильного кола;

α_k – задній кут по вершині осьової.

Кути повороту колонки шліфувального шпинделя:

$$\operatorname{tg}\beta_{b1} = \operatorname{tg}\beta_{o1} \cos\alpha'_{o1};$$

$$\operatorname{tg}\beta_{b2} = \operatorname{tg}\beta_{o2} \cos\alpha'_{o2}.$$

Евольвентомір при контролі профілю наструюється окремо для кожної сторони зуба: на діаметр основного кола d_{bo1} – для гострої сторони зуба та на d_{bo2} – для тупої.

Відповідно за вищенаведеними формулами визначаються кути розгорнутості робочої ділянки профілю в контролюваному перерізі для обох сторін зуба τ_{po1} та τ_{po2} . Хід евольвентних гвинтових поверхонь зуба також контролюється для обох сторін. Для гострої сторони:

$$P_{z1} = \frac{\pi \cdot d_o}{\operatorname{tg}\beta_{o1}},$$

для тупої сторони:

$$P_{z2} = \frac{\pi \cdot d_o}{\operatorname{tg}\beta_{o2}}.$$

Товщина зуба контролюється тангенціальним зубоміром у нормальному перерізі.

Остаточне шліфування по передніх гранях має за мету зменшення шорсткості поверхонь. На цій операції використовуються круги 63С, 8–6, СТ1, Б.

Контроль розміщення передніх граней здійснюється за допомогою спеціального пристосування. Переміщаючи індикатор у радіальному напрямку вздовж передньої грані довбача, визначають передній кут, при переміщенні в поперечному напрямку зуба – кут нахилу передньої грані. За допомогою цього пристосування перевіряється також осьове биття різальних кромок.

Особливості виготовлення твердосплавних довбачів

Використовуються різні конструкції довбачів, які оснащені твердим сплавом. Довбачі з модулем 2,5–3 мм виготовляють з напаяним твердосплавним зубчастим вінцем, а довбачі з великими модулями – з окремими твердосплавними зубами, які

кріпляться на корпусі механічним шляхом або за допомогою напаявання.

Заготовки твердосплавних зубчастих вінців одержують у вигляді суцільних кілець, які потім піддають механічній обробці у пластифікованому вигляді. Після пресування та спікання вони припаюються до сталевого спеціально підготовленого корпусу. Подальша обробка проводиться алмазними кругами і включає обробку базових поверхонь (торців та отвору), шліфування задніх поверхонь зубів, передньої поверхні та фаски.

Твердосплавні заготовки зубів збірних довбачів одержують методами порошкової металургії. Їх обробка проводиться алмазними кругами АСОМ та АСРМ зернистістю 50/40–100/80 на обмеженій зв'язці 100%-ої концентрації. Зуби шліфують по опорних площинах, а потім набирають в сталевому сепараторі довбача і шліфують по конічних поверхнях з двох сторін.

Технологічний процес обробки сталевих корпусів довбача з напаяними пластинками багато в чому аналогічний обробці швидкорізальних довбачів. Після токарної обробки в корпусі фрезерують пази. За формою та розмірами вони повинні чітко відповідати хвостовій частині твердосплавних зубів. При встановленні зубів у пази корпусу боковий зазор повинен складати 0,06–0,1 мм. Після термообробки корпусу виконується пайка. При паянні використовується однопетельний індуктор і оправка з посадочним місцем під отвір корпусу. Зазор між індуктором і довбачем повинен знаходитись в межах 5–10 мм. Потім шліфуються та доводяться отвори і торці, алмазними кругами обробляється задня поверхня по вершинах зубів, передня поверхня, шліфуються профіль зубів та фаски по передній поверхні. Шліфувальні операції виконуються в два етапи. Спочатку проводиться попереднє шліфування кругами зернистістю 100/80–80/63, а потім – остаточна обробка кругами зернистістю 50/40.

10.8. Дискові шевери

Дискові шевери (рис. 10.32) використовуються для чистової обробки прямозубих та косозубих циліндричних зубчастих коліс. Шевери виготовляються класів точності АА, А та В, праві

та ліві шевери двох типів: із наскрізними та глухими стружковими канавками. Шевери першого типу виконують з модулями 1–1,75 мм з номінальними ділильними діаметрами, що дорівнюють 85 та 180 мм з кутом нахилу β_0 гвинтової лінії зубів на ділильному циліндрі 5, 10 та 15°. Шевери іншого типу виготовляють з модулями 2–8 мм, з номінальними діаметрами 180 та 250 мм, з кутом нахилу гвинтової лінії зубів на ділильному циліндрі 5 та 10°. Дрібномодульні праві та ліві шевери моделей 0,2–0,9 мм виготовляють з наскрізними стружковими канавками номінальним ділильним діаметром 85 мм, з кутом нахилу гвинтової лінії зубів 10°.

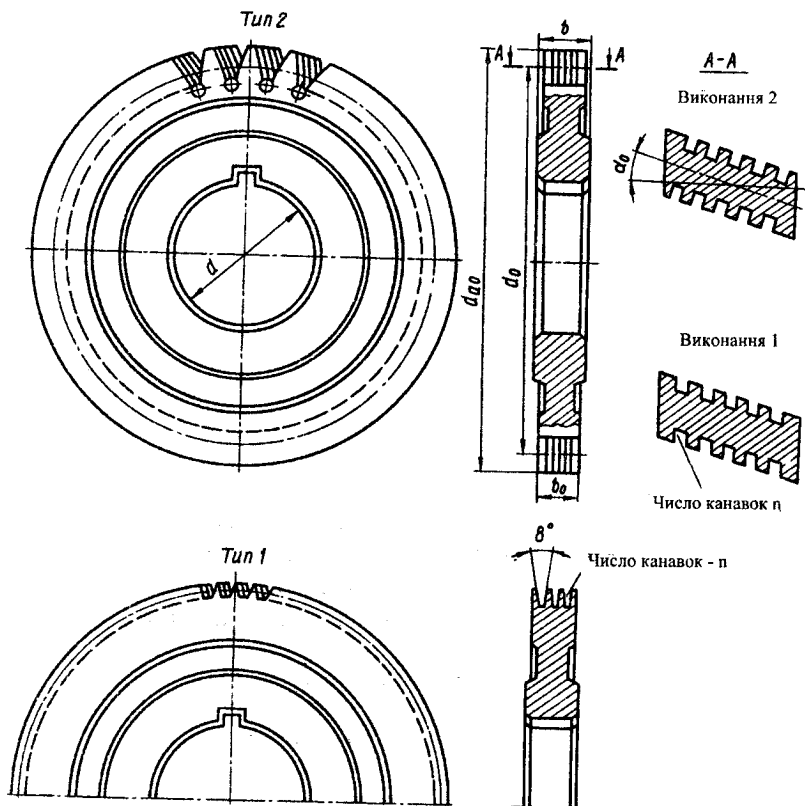


Рис. 10.32. Туні шеверів

Технологія виготовлення шеверів

Послідовність операцій при виготовленні дискових шеверів з глухими стружковими канавками.

- 1. Відрізання.
- 2. Кування.
- 3. Відпал.
- 4. Галтування.
- 5. Токарна чорнова.
- 6. Токарна чистова.
- 7. Протягування шпонкового паза.
- 8. Зубофрезерна.
- 9. Свердлування отворів для виходу гребінки.
- 10. Розрізання перемичок по западинах зубів.
- 11. Попереднє шліфування профілю зубів.
- 12. Довбання канавок на зубах.
- 13. Маркування.
- 14. Термічна обробка. Загартування та відпуск.
- 15. Шліфування опорних торців.
- 16. Шліфування отвору.
- 17. Доведення отвору.
- 18. Попереднє шліфування вершин зубів.
- 19. Остаточне шліфування профілю зубів.
- 20. Шліфування торців зубчастого вінця.
- 21. Маркування.

Дискові шевери, як правило, виготовляються з кованих заготовок. Розміри кованих заготовок визначаються з врахуванням припусків.

У шеверів з діаметром отвору $d = 63,5$ мм при куванні прошивається отвір у розмір 57 мм.

При токарній чорновій обробці (рис. 10.33, а) підрізаються торці 1 і 3, розраховується отвір 2. Припуск по торцях на наступну обробку після токарної чорнової дорівнює 2 мм. При токарній чистовій обробці (рис. 10.33, б) розтягується отвір 5, на оправці біля пакета заготовок обточується зовнішній діаметр 4. Після цього підрізаються торці 10 та 7, проточується канавка 9, знімаються фаски 8 та 6. Після переустановлення заготовки поверхні 10, 7, 9, 8 та 6 обробляються у другого торця. Припуски

після токарної обробки шеверів дорівнюють: на ширину зубчастого вінця $b_o = 0,4$ мм, на діаметр вершини зубів d_{ao} при $d_o = 180$ мм – 1,1 мм, при $d_o = 250$ мм – 1,3 мм.

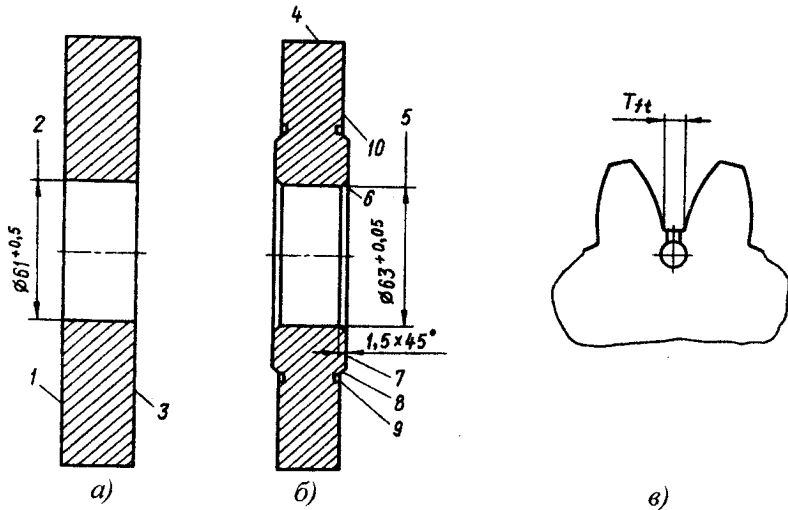


Рис. 10.33. Операційні ескізи обробки шевера

Допуск на діаметр вершин зубів після токарної обробки дорівнює 0,1 мм, на ширину шевера і ширину зубчастого вінця – 0,2 мм. Биття опорних торців допускається не більше 0,05 мм, биття по зовнішньому діаметру – не більше 0,08 мм.

Попередня обробка профілю

Профіль шеверів фрезерується на зубофрезерувальних верстатах черв'ячними фрезами. Заготовки шеверів встановлюються на оправку зі шпонкою по 5–7 штук.

Черв'ячні фрези для шеверів мають укорочену у порівнянні зі стандартними фрезами головку зуба. Розміри профілю фрези визначається за формулами:

$$h_{aф} = \frac{d_o - d_f}{2};$$

$$S_{нф} = \pi \cdot m_{но} - (S_{но} + \Delta S);$$

$$h_{ф} = \frac{d_{a1} - d_f}{2} + 0,25m_{но},$$

де $m_{но}$ – нормальний модуль; d_o – дільний діаметр; $S_{но}$ – дільна нормальна товщина зуба; ΔS – припуск по товщині зуба після фрезерування (див. табл. 10.18); d_{a1} – діаметр вершин після токарної обробки; d_f – діаметр западин після фрезерування, рівний $d_f = d_1 + d_2 + 1$; d_1 – діаметр кола центрів технологічних отворів; d_2 – діаметр технологічних отворів.

Таблиця 10.18

Припуски на товщину зуба після фрезерування ΔS
і попереднього шліфування ΔS_1 профілю, мм

Модуль $m_{но}$	ΔS		ΔS_1
	$d_o = 180$	$d_o = 250$	
1–2	0,7	0,8	0,35
2,25–4,0	0,8	0,9	0,4
4,25–8,0	0,9	1,0	0,4

Допустимі похибки після фрезерування зубів	Похибка профілю
модуль 1–3,5 мм	до 0,05 мм
модуль 4–8,0 мм	до 0,1 мм
відхилення товщини зуба не більше	0,1 мм
похибка направлення зубів не більше	20 хв
відхилення діаметра западин не більше	$\pm 0,5$ мм

Контроль евольвентного профілю та направлення зубів виконується так, як і при шліфуванні профілю. Радіальне биття зубів контролюється так, як і биття довбачів.

Товщина зубів в нормальному перерізі перевіряється зубоміром.

Технологічні отвори для виходу гребінки (рис. 10.32) свердяться на універсальних верстатах з використанням кондук-

тора або на спеціальних верстатах-напівавтоматах. На рис. 10.34 зображений кондуктор для свердлування отворів в шеверах. Заготовка кріпиться на столі 1 гвинтом 2. Розміщення отвору по осі западини зуба встановлюється фіксатором 3. Плита з шевером повертається на необхідний кут нахилу отвору β_1 , який визначається за формулою:

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \frac{d_1}{d_0} \cdot \operatorname{tg}\beta_0.$$

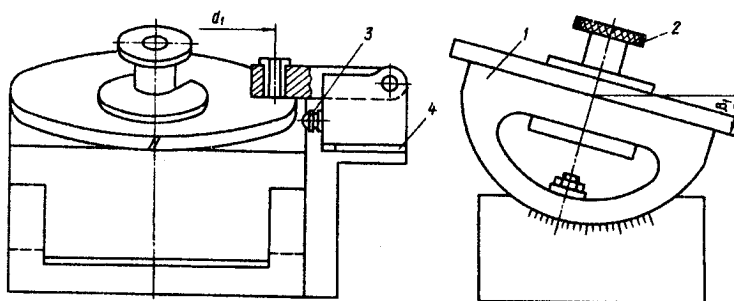


Рис. 10.34. Кондуктор для свердлування отворів в шеверах

Діаметр центрів отворів $d_{\pm 0,2}^{-0,4}$ забезпечується за рахунок переміщення стояка з кондукторною втулкою вздовж лінійки 4. Його розмір контролюється штангенциркулем на першому шевері з партії.

Зміщення отвору відносно осі западини зуба допускається не більше 0,2 мм.

Контроль здійснюється на пристосуванні, схема якого наведена на рис. 10.35. За шкалою вирахування мікроскопа 3 моделі МПБ-2 визначають відстані a_1 та a_2 крайніх точок кола від осі AA западини зуба шевера 2. Перед початком вимірювання нульова поділка шкали встановлюється на осі AA поперечним переміщенням мікроскопа в стояку 4. Установка нульової поділки виконується за допомогою спеціального шаблону, який кріпиться для цього на оправці 1 замість шевера. Стояк 4 може переміщатися в радіальному напрямку в залежності від заданого

діаметра d_1 . Фіксатор 5 служить для симетричної установки западини зуба відносно осі АА.

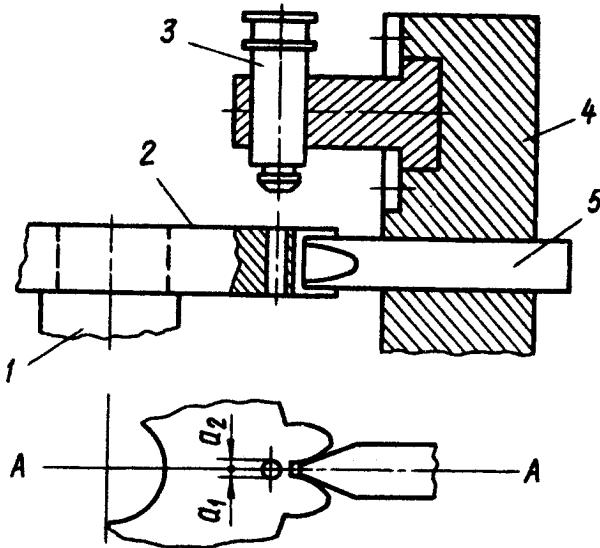


Рис. 10.35. Пристосування для контролю зміцнення отворів у шеверах

Після свердлування між отвором і дном западини зуба залишається перемичка (рис. 10.33), яка необхідна для того, щоб при свердлуванні свердло не вело в сторону. Розрізання цих перемичок здійснюється на універсальних заточувальних верстатах шліфувальними кругами І4А, 25–40, СТ, В. Шевер встановлюється на оправці в ділильній головці. Інколи ця операція виконується на фрезерному верстаті в ділильній головці. Ширина шліфувального круга (або фрези) вибирається на 0,3–0,5 мм меншою ширини западин T_{fn} в нормальному перерізі. Для визначення T_{fn} знаходять ділильну колову товщину зуба після фрезерування:

$$S_{10} = \frac{S_{no} + \Delta S}{\cos \beta_0},$$

(значення наведені в табл. 10.18), а потім – колову товщину зуба по діаметру западини S_f :

$$S_f = d_f \left(\frac{S_{to}}{d_o} + \operatorname{inv} \alpha_{to} - \operatorname{inv} \alpha_f \right);$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{to} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{no}}{\cos \beta_o};$$

$$\cos \alpha_f = \frac{d_o \cdot \cos \alpha_{to}}{d_f},$$

де α_{no} – нормальний ділильний кут профілю; α_{to} – торцевий ділильний кут профілю.

Колова ширина западини рівна:

$$T_f = \frac{\pi \cdot d_f}{Z_o} \cdot S_f.$$

Нормальна ширина западини рівна:

$$T_{fn} = T_f \cdot \cos \beta_o \alpha.$$

Попереднє шліфування профілю виконується для виправлення похибок після зубофрезерування та прорізання перемичок і виконується на тому ж обладнанні, що й остаточне шліфування. Припуски по товщині зубів ΔS після попереднього шліфування наведені в табл. 10.19.

Таблиця 10.19

Загальні припуски по діаметру протяжок з гарячекатаної сталі

Найбільший діаметр протяжки	Загальна довжина протяжки				
	до 300	300–600	600–900	900–1200	понад 1200
До 30	4,0	4,5	4,5	5,0	–
30–60	5,0	5,0	5,5	6,0	7,0
50–60	6,0	6,0	6,5	7,0	7,5
80–120	6,5	7,0	7,0	7,5	8,0
120–145	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0

Допустимі похибки після попереднього шліфування, мм:

- похибка профілю – від 0,03 мм до 0,05 мм;
- відхилення товщини зубів – не більше 0,05 мм;
- радіальне биття зубів – не більше 0,05 мм;
- похибка направлення зубів – не більше 3 хв.

Товщина зуба контролюється зубоміром. Для контролю інших параметрів використовуються прилади, які використовуються для перевірки шеверів після остаточного шліфування.

Різальні кромки шеверів утворюються довбанням канавок на бокових поверхнях профілю зубів (див. рис. 10.32). Передбачається два виконання розміщення канавок: паралельно торцю шевера і перпендикулярно до напрямку його зуба. Довбання канавок проводиться гребінками. Для канавок першого і другого виконання використовуються гребінки, показані відповідно на рис. 10.36, *а* і рис. 10.36, *б*. Висота 1 приймається на 0,1–0,2 мм більшою висоти зубців. Кут ψ визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg} \beta_0 \cdot \cos \alpha_{10}.$$

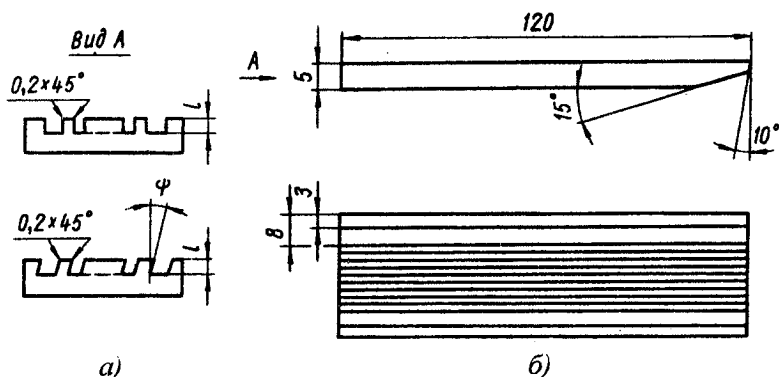


Рис. 10.36. Гребінки для довбання канавок

На рис. 10.37 зображений верстат для довбання канавок. Шевер 1 встановлюється на оправці в ділильній бабці, яка може повертатися навколо вертикальної осі на кут нахилу зубів шевера. Ділення на зуб здійснюється за допомогою фіксатора 8, який

вводиться у западину зуба. Гребінка 2, закріплена в держаку на кулісі 3, під час довбання рухається по колу з центром у точці O . Робочий рух куліси передається від кулака 6. У вихідне положення вона повертається під дією пружини 4. Штурвал 5 служить для ручного переміщення куліси. Регулюючи положення шевера переміщенням фіксатора по напрямних 7 та переміщенням бабки в поперечному напрямку, знаходять таке положення, при якому траєкторія руху гребінки найбільш близько співпадає з евольвентним профілем зуба шевера.

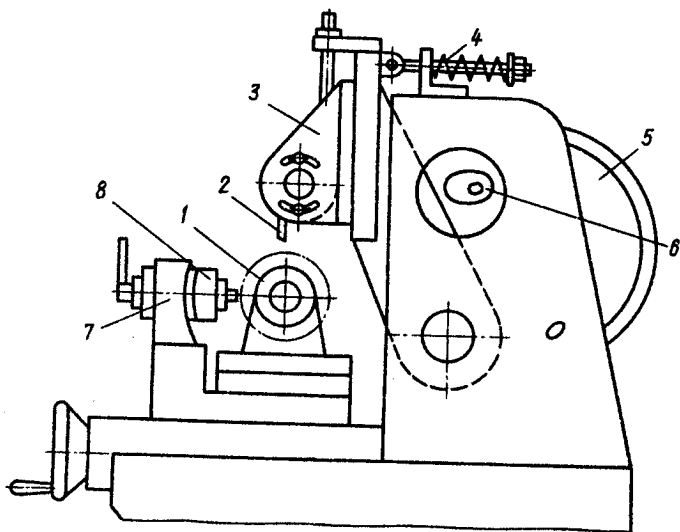


Рис. 10.37. Верстат для довбання канавок

При довбанні використовуються наступні режими різання: число подвійних ходів гребінки за хвилину – 100–120, поперечна подача – 0,1–0,2 мм на один подвійний хід. Як МОР використовується сульфозрезол. Глибина канавок після довбання контролюється граничними шаблонами.

На деяких заводах канавки довбають по прямій лінії. В цьому випадку глибина канавок не однакова за довжиною: в

середині зуба – більша біля вершини, біля ніжки зуба шевера – менша.

Шліфування шеверів

• Після термічної обробки шліфуються торці шеверів. Допустимі відхилення від паралельності торцевих поверхонь шеверів знаходяться у межах від 0,005 до 0,008 мм в залежності від класу точності шевера.

При шліфуванні отвору шевер кріпиться або магнітним патроном, який має отвір для виходу шліфувального круга, або на планшайбі внутрішньо-шліфувального верстата за допомогою прихоплювачів. Допустиме відхилення від перпендикулярності торцевої поверхні до поверхні посадочного отвору дорівнює 0,005–0,008 мм (в залежності від класу точності шевера) на радіусі 50 мм для шеверів з номінальними ділильними діаметрами 180 мм та 250 мм і на радіусі 25 мм для шеверів 85 мм. Припуск після шліфування отвору шевера на наступну доводку залишається в межах від 0,005 мм до 0,02 мм на діаметр.

Вершини зубів по діаметру шліфуються два рази: попередньо – перед шліфуванням профілю, і остаточно – після його шліфування. Попереднє шліфування виконують з метою створення бази для вимірювання товщини зуба при наступному шліфуванні профілю. Припуск, що залишається після попереднього шліфування на остаточно, дорівнює 0,7 мм для шеверів з $d_o = 180$ мм і 0,8 мм – для шеверів з $d_o = 250$ мм. Припуск додається до номінального діаметра шевера. Допуск при попередньому шліфуванні складає 0,05 мм. Діаметр вимірюється мікрометром. При непарному числі зубів при $Z_o < 60$ визначається розмір за найбільшою хордою d_{ax} (рис. 10.38):

$$d_{ax} = d_{a2} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{Z_o} - \frac{S_a}{d_{a2}} 57,29578^\circ \right),$$

де d_{a2} – діаметр вершин зубів після попереднього шліфування,

S_a – колова товщина зуба по діаметру вершин після попереднього шліфування профілю:

$$S_a = d_{a2} \left(\frac{S_{n0} + \Delta S_1}{\cos \beta_0 \cdot d_0} + \operatorname{inv} \alpha_{i0} - \operatorname{inv} \alpha_{a2} \right);$$

$$\cos \alpha_{a2} = \frac{d \cdot \cos \alpha_{i0}}{d_{a2}}.$$

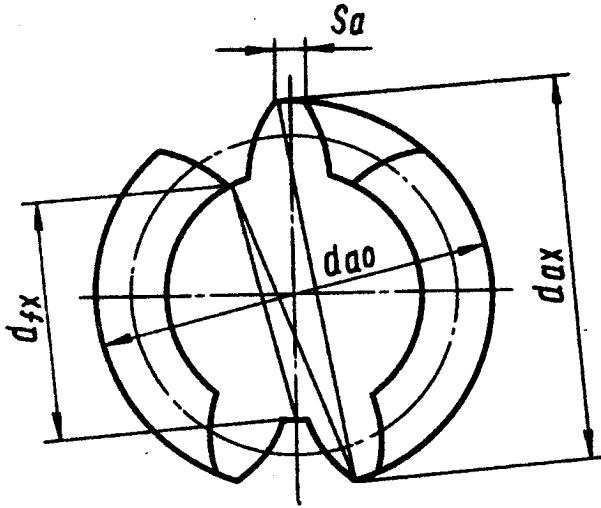


Рис. 10.38. Визначення розміру найбільшої хорди

Шліфування профілю шеверів виконується на зубошліфувальних верстатах, які працюють плоскою торцевою поверхнею шліфувального круга (моделей 5892С, 5893, МШ-232, SRS-400 фірми К. Хурт та ін.), і верстатах, які працюють абразивним черв'ячним кругом (моделей 5В833, ZА та ZВ фірми "Рейсхауер" та ін.).

Верстати, що працюють торцем круга використовуються при шліфуванні шеверів з $m_{n0} = 1$ мм і більше. Для шліфування бокових сторін профілю шевера колонка шпинделя шліфувального круга розгортається на кут нахилу зуба по основному циліндру:

$$\beta_{a0} \operatorname{tg} \beta_{a0} = \operatorname{tg} \beta_0 \cdot \cos \alpha_{i0}.$$

В інших наладках верстатів абразивні круги і режими шліфування при обробці шеверів такі ж, як і для шліфування довбачів.

Верстати, що працюють абразивним черв'ячним кругом, знайшли застосування для шеверів з $m_{no} = 0,3-0,4$ мм.

При шліфуванні зубів передбачається широкий допуск на діаметр вершин і жорсткий – на висоту головки зуба. Широкий допуск на діаметр вершин використовується для збільшення допуску на товщину зуба при шліфуванні профілю. Практично використовується позитивна частина допуску fd_{ao} , а жорсткий допуск на висоту головки зуба витримується не більш простій операції шліфування вершин.

Товщина зуба шеверів контролюється в нормальному перерізі тангенціальним зубоміром, жорсткою або регульованого скобою з кутом профілю α_{no} .

Розміри жорстких скоб прохідної h_{a2} та S_{np} і непрохідної h_{a2} та S_{HE} (див. рис. 10.31, а) знаходять за формулами:

$$h_{a2} = h_{ao} + \frac{\Delta d_{a2}}{2};$$

$$S_{np} = S_{no} + (fd_{ao} - 2fh_{ao}) \cdot tg\alpha_{no};$$

$$S_{HE} = S_{no},$$

де Δd_{a2} – припуск на остаточне шліфування по діаметру вершин;

fd_{aq} – позитивна частина допуску на діаметр вершин;

fh_{ao} – позитивна частина допуску на висоту головки зуба.

Регульовані скоби (рис. 10.31, б) настроюються на ті ж розміри по блоках кінцевих мір X_{np} та X_{HE} .

При перевірці товщина зуба тангенціальним зубоміром (рис. 10.31, в) нуль шкали індикатора встановлюється на зубомірні розміри $h_3 = h_{a2}$ та $S_3 = S_{np}$. Відхилення індикатора, яке відповідає мінімально допустимій товщині зуба, буде рівним:

$$\delta h_3 = \frac{fd_{ao}}{2} fh_{ao}.$$

Діаметр ролика, необхідного для установки індикатора зубоміра на нуль, визначається так, як і у довбачів.

Для перевірки профілю шевера використовуються тіж евольвентоміри, що й для довбачів.

Радіальне биття зубів перевіряється в центрах індикатором. У западину зубів встановлюється точний ролик, який при повороті шевера впливає на вимірювальний наконечник. Ролик необхідно підібрати по діаметру так, щоб він дотикався до профілю зубів поблизу ділильного кола.

Для перевірки параметрів профілю шевера використовуються точні циліндричні оправки. Оправки виготовляються з інтервалом діаметрів 2 мкм і підбираються в залежності від фактичного розміру отвору. Замість комплекту гладких циліндричних оправок інколи використовують оправки з кульками. Ці оправки забезпечують посадку шевера з гарантованим натягом.

Нерівномірність колового кроку контролюється так, як і в довбачів.

Для перевірки шеверів використовуються також вимірювальні прилади, які виконують автоматичний контроль колових кроків із записуючими пристроями для реєстрації результатів контролю нерівномірності та накопиченої помилки колового кроку. Це прилад моделі БВ-5056 для поелементного контролю зубчастих коліс, універсальний вимірювальний прилад моделі PFSU-640 фірми Клінгельнберг та ін.

Для контролю направлення зубів шеверів в цехових умовах використовується прилад, показаний на рис. 10.39. Каретка 3 приладу з вимірювальним вузлом і з'єднана з кареткою синусна лінійка 4 переміщаються паралельно до осі центрів. При цьому лінійка 4 переміщається в напрямку, перпендикулярному до осі центрів, повзун 1 притиснений пружинами до диску обкату 2. При переміщенні повзун під дією сили тертя повертає диск обкату 2, а разом з ним і виріб, що перевіряється. Для одержання відносного гвинтового руху з кроком, що дорівнює кроку контрольованої поверхні зуба шевера $P_o = \pi d_o \cdot \text{ctg} \beta_o$, лінійку 4 повертають на кут φ , який визначається за формулою:

$$\text{tg} \varphi = \frac{\text{tg} \beta_o \cdot D}{d_o},$$

де D – діаметр обкату. Блок кінцевих мір для установки лінійки на кут φ .

$$L = R \sin \varphi - Z.$$

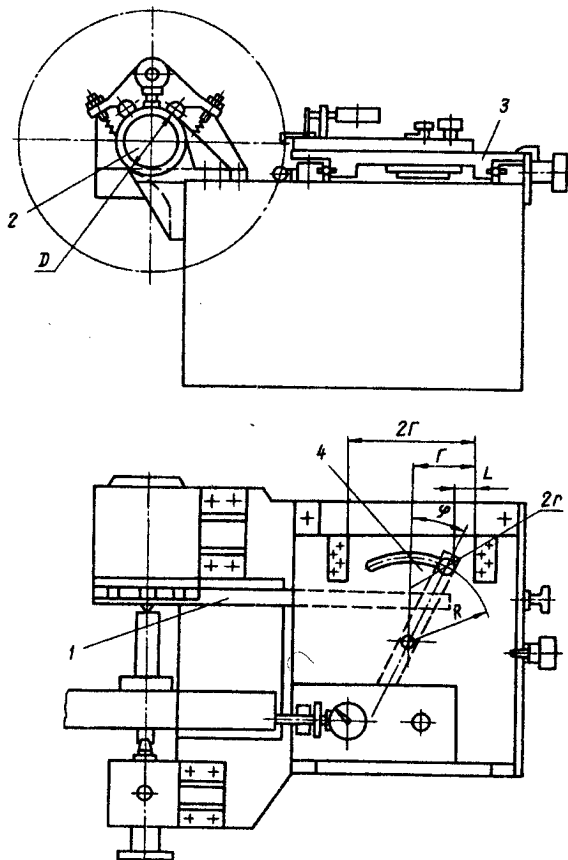


Рис. 10.39. Прилад для контролю напрямлення зубів шевера

При остаточному шліфуванні по діаметру вершин необхідно видержати задану висоту головки зуба. Контроль здійснюється або граничними трапецеїдальними скобами, або регульованим скобами, або тангенціальним зубоміром. Розміри зуба

для настройки зубовимірювальних засобів приймаються наступними: товщина – S_{ho} , висота головки:

$$h_{np} = h_{ao} + fh_{ao} / 2;$$

$$h_{HE} = h_{ao} - fh_{ao} / 2.$$

На автомобілебудівних заводах прийнятий варіант технологічного процесу, який має деяку різницю від вищенаведеного. Після токарної обробки виконується не зубофрезерування, а свердлування отворів для виходу гребінки, а потім – фрезерування зубів і довбання канавок на бокових сторонах зубів.

Свердлування отворів проводиться в ділильній головці з діленням по диску. Для зубофрезерування використовуються черв'ячні фрези, які мають збільшену висоту головки зуба з таким розрахунком, щоб не залишалась перемичка між западиною зуба шевера і отвором для виходу гребінки. В цьому варіанті відсутні операції розрізання перемичок і попереднього шліфування профілю, але ускладнюється операція фрезерування зубів. Заготовка шевера повинна бути встановлена на верстаті так, щоб западина зуба після зубофрезерування виявилась в отворі для виходу гребінки, а профіль зубів повинен відповідати 8–9 степеню точності згідно з ГОСТ 1643–81.

Особливості виготовлення дрібномодульних шеверів

Дрібномодульні шевери виготовляються з номінальним ділильним діаметром 85 мм, діаметром посадочного отвору 31,743 мм з наскрізними стружковими канавками. Припуски на повну обробку шеверів і операційні розміри на обробку отворів приймаються такими, як у довбачів аналогічних розмірів. Припуски після токарної обробки дорівнюють: по торцях – 0,5–0,2 мм, по зовнішньому діаметру – 0,7–0,2 мм.

Биття торців і зовнішнього діаметра не повинно перевищувати 0,05 мм.

Після токарної обробки протягують шпонковий паз, фрезерують зубці шеверів з $m_{no} = 0,7–0,9$ мм, після чого проводиться термічна обробка. Інколи у шеверів з $m_{no} = 0,7–0,9$ мм зубці не фрезерують, а нарізають відразу шліфувальним кругом при шліфуванні профілю.

Кільцеві стружкові канавки шліфують без попереднього прорізання, “по цілому” на різьбошліфувальних верстатах. Операція виконується одонитковим кругом 2П 450x10x229 24А, 16, Т2, В1. Круг правиться алмазом. Шліфування проводиться при нерухомому столі верстата. Переміщення стола на крок здійснюється вручну за допомогою ділильного пристрою верстата. Профіль канавок контролюється шаблонами.

Профіль дрібномодульних шеверів шліфується на верстатах, які працюють абразивним кругом з поздовжньою подачею супорта виробу. Нарізання та правку абразивного черв'яка виконують накатними роликками.

10.9. Протяжки

Протяжки є складним багатолезовим інструментом, що забезпечує одержання точних виробів з дуже високою продуктивністю.

Протяжки виготовляються суцільними (із сталі ХВГ, а також із швидкорізальної сталі діаметром до 18 мм), зварними і з механічним кріпленням хвостовика. Допускається виготовлення суцільних протяжок із швидкорізальної сталі, призначених для обробки виробів масового виробництва, незалежно від розміру.

Технологія виготовлення протяжок

Нижче наводиться послідовність операцій при виготовленні зварних протяжок.

1. Відрізання заготовок різальної та хвостової частин.
2. Проточування шийки під зварювання на заготовці різальної частини.
3. Галтування заготовок хвостової частини.
4. Зварювання.
5. Відпал.
6. Проточування зварювального шва.
7. Підрізання торців.
8. Центрування заготовки з двох сторін.
9. Правка.
10. Попередня токарна обробка.

11. Підрізання торців, зенкування центрових отворів, розточування торцевої виточки з двох сторін.
12. Чистова токарна обробка.
13. Проточування профілю зубів.
14. Правка.
15. Фрезерування профілю.
16. Маркування.
17. Правка.
18. Термічна обробка.
19. Зачищення центрових отворів з двох сторін.
20. Шліфування передніх поверхонь та спинок зубів.
21. Правка.
22. Шліфування по діаметру передньої напрямної, хвостовика, шийки.
23. Шліфування по діаметру зубів.
24. Шліфування по конусу різальних зубів.
25. Шліфування задньої поверхні біля різальних зубів.
26. Шліфування профілю.
27. Шліфування задньої поверхні по гранях.
28. Доведення передньої поверхні зубів.
29. Доведення задньої поверхні зубів.
30. Маркування.

Припуски по діаметру на повну обробку протяжок наведені в табл. 10.19.

Розрахункові розміри заготовок округлюються до найближчих великих розмірів прокату. Припуск по довжині на обробку суцільних протяжок не залишається. Заготовки відрізають довжиною, рівною максимальній довжині протяжок з допуском 2 мм.

Граничні відхилення загальної довжини протяжок після остаточної обробки встановлені: ± 3 мм – для протяжок довжиною до 1000 мм, ± 4 мм – для протяжок довжиною понад 1000 мм.

Припуски по діаметру на повну обробку хвостової частини зварювальних протяжок наведені в табл. 10.20.

Припуски по довжині різальної та хвостової частин зварювальних протяжок наведені в табл. 10.21.

Таблиця 10.20
Загальні припуски по діаметру хвостової частини
зварювальних протяжок, мм

Діаметр хвостовика	Загальна довжина протяжки				
	До 300	300–600	600–900	900–1200	Понад 1200
до 30	4,0	4,5	5,5	6,0	–
30–50	5,5	5,5	6,5	7,0	8,0
50–80	6,5	6,5	7,5	8,0	8,5
80–120	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0

На заготовці різальної частини повертають шийку діаметром d , що дорівнює діаметру заготовки хвостової частини. Довжина шийки l залежить від відношення діаметрів заготовок різальної (D) і хвостової (d) частин (табл. 10.21).

Таблиця 10.21
Загальні припуски по довжині протяжок
при стиковому зварюванні та найменшій довжині шийки

Діаметр заготовки, D , мм	Загальні припуски (мм) по довжині частини		Найменша довжина l , мм	
	робочої	хвостової	$\frac{D}{d} \leq 1,2$	$\frac{D}{d} = 1,2 - 1,5$
До 30	6	4	9	12
30–40	7	5	11	14
40–50	8	6	12	15
50–60	9	7	13	17
60–70	13	10	16	19
70–80	14	11	17,5	21,5
80–95	15	12	18,5	23,5

Для поліпшення контакту при зварюванні заготовки різальної частини обточують по зовнішньому діаметру на довжині, що дорівнює довжині затискання зварювального апарата; заготовки хвостової частини з цією ж метою піддають обробці в гальтувальному барабані.

У відпалених заготовок на токарному верстаті знімають облой і заготовки передають для підрізання торців та центрування.

Підрізання торців і центрування доцільно проводити на фрезерно-центрувальному верстаті (наприклад, МР-75). На цих верстатах двома фрезами одночасно фрезерують обидва торці, а потім з двох сторін проводять центрування комбінованими центрувальними свердлами. Обробка на фрезерно-центрувальних верстатах забезпечує однакову довжину всіх протяжок в партії та однакову глибину центрових отворів, що особливо важливо для наступної обробки на токарних верстатах з ЧПК.

При токарній попередній обробці заготовки обточують ступінчато. Ступені роблять при різниці діаметрів не менше 2 мм. При відношенні довжини заготовки до діаметра понад 12 обробка проводиться з використанням лонету. В цьому випадку спочатку проточують місце під лонет (на передній напрямній частині).

Припуски, що залишилися після токарної попередньої обробки на чистову токарну обробку і шліфування, наведенні в табл. 10.22.

Таблиця 10.22

Сумарні припуски 2 (мм) на чистову обробку протяжок по зовнішньому діаметру

Діаметр протяжки, мм	Довжина протяжки, мм				
	до 300	300–600	600–900	900–1200	понад 1200
до 30	2,4 _{-0,3}	2,7 _{-0,3}	2,9 _{-0,3}	3,3 _{-0,4}	–
30–50	2,4 _{-0,3}	2,7 _{-0,4}	3,0 _{-0,4}	3,4 _{-0,4}	3,7 _{-0,4}
50–80	2,4 _{-0,4}	3,0 _{-0,4}	3,2 _{-0,4}	3,6 _{-0,4}	3,9 _{-0,4}
80–120	–	–	3,3 _{-0,5}	3,9 _{-0,5}	4,3 _{-0,5}
понад 120	–	–	–	4,0 _{-0,5}	4,5 _{-0,5}

Примітка: Тонкою лінією показані припуск для протяжок, у яких профіль зубів проточують на верстатах з ЧПК ($l = 20 + p$, де p – ширина западини першого зуба).

При обробці заготовку закріплюють одним кінцем в патроні, а другий кінець підтримується обертовим центром.

Чистова токарна обробка складається з наступних переходів: обточування передньої напрямної, переднього хвостовика, шийки, перехідного конуса, скосів і шийки замка, конуса

різальної частини; після перевстановлення обточування калібрувальної частини, задньої напрямної, зняття фаски біля торця.

Припуски, які залишили після токарної чистової обробки на шліфування, наведені в табл. 10.23.

Токарну обробку конуса різальної частини в більшості випадків проводять методом зміщення задньої бабки верстата. При обточуванні цим методом протяжок з великим підйомом на зуб відбувається розбивання центрових отворів. Тому конус таких протяжок бажано обточувати за допомогою копірної лінійки.

Контролюють конус шляхом замірювань діаметра в трьох перерізах. Для цього в карті ескізів вказують діаметр зуба по середині конуса.

У тих протяжок, де проточування профілю зубів передбачене на верстатах з ЧПК, різальна частина не обточується на конус, а всі зуби і передня напрямна на довжині l (див. табл. 10.23) виконуються в розмір калібрувальних зубів (довжина l потрібна для розміщення рухомого люнету при проточуванні профілю зубів).

Проточування профілю зубів – складна і трудомістка операція. При виконанні її на універсально-токарних верстатах спочатку проводять розмітку кроків зубів. Прохідним різцем наносять кільцеві риски перед різальною кромкою кожного зуба. Розмітку розпочинають з останнього калібрувального зуба і закінчують на першому різальному зубі. Крок t зубів контролюється по лімбу поздовжнього ходу верстата.

Після розмітки виконують проточування профілю зубів. Її розпочинають також з останнього калібрувального зуба. Різець з радіусами r та r_1 по рисці встановлюють проти западини зуба (рис. 10.40) до заготовки і поперечною подачею вривають на глибину зуба h_n ; глибина вривання контролюється по лімбу поперечного ходу верстата. Потім різцю надається поздовжнє переміщення (за стрілкою А) для одержання переднього кута γ , після чого його виводять із западини, цикл повторюється на наступних зубах.

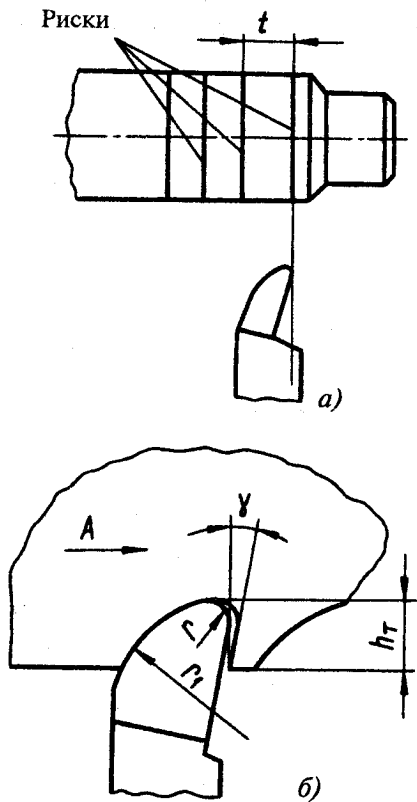


Рис. 10.40. Проточування профілю зубів на універсальному верстаті

Проточування профілю проводять за допомогою рухомого лонету, який закріплюють на супорті верстата. Кулачки лонету встановлюють поблизу різця. На відміну від трьох кулачкових лонетів, які використовують при підрізанні торців і центруванні, тут використовують двокулачковий лонет (рис. 10.41). Для зменшення зношування задній кулачок інколи замінюють роликом (шарикопідшипником). Верхній кулачок роликом не замінюють, оскільки це призводить до збільшення вібрацій.

Таблиця 10.23

Припуски (мм) на шліфування протяжок по зовнішньому діаметру

Діа-метр про-тяжки, мм	Довжина протяжки, мм																	
	до 300			300–600			600–900			900–1200			1200–1500			понад 1500		
	2a ₁	2a ₂	2a ₃	2a ₁	2a ₂	2a ₃	2a ₁	2a ₂	2a ₃	2a ₁	2a ₂	2a ₃	2a ₁	2a ₂	2a ₃	2a ₁	2a ₂	2a ₃
До 30	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	–	–	–	–	–	–	–
30–50	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,2	–	–	–
50–80	0,6	0,6	0,8	0,6	0,7	0,9	0,7	0,8	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	1,4
80–120	0,6	0,7	0,9	0,6	0,7	0,9	0,7	0,9	1,1	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,3	1,0	1,2	1,5
понад 120	–	–	–	0,7	0,8	1,0	0,7	0,9	1,2	1,0	1,1	1,0	1,3	1,3	1,5	1,1	1,4	1,7

Примітка: Тонкою лінією показаний припуск для протяжок, в яких профіль зубів проточують на верстатах з ЧПК ($l = 20 + p$).

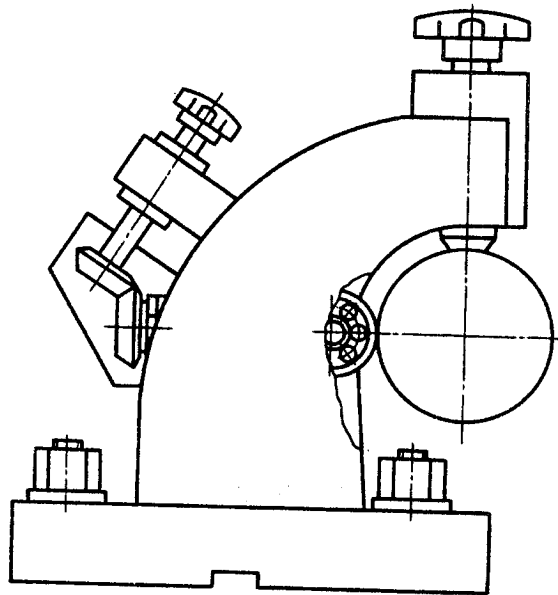


Рис. 10.41. Лунет для проточування профілю зубів

При переточуванні різальних зубів в міру зменшення діаметра працівник підтискує кулачки лунету. В деяких конструкціях лунетів підтиск кулачків відбувається автоматично завдяки пружинам, що діють на гвинти кулачків.

Для проточування профілю використовують фасонні різці, оснащені пластинками з твердого сплаву Т5К10 (рис. 10.42). Обробку ведуть при наступних режимах: швидкості різання – 80 м/хв при діаметрах протяжок до 30 мм, 70 м/хв – при діаметрах 30–120 мм, 60 м/хв – при діаметрах понад 120 мм, поперечна подача 0,15–0,20 мм/об при діаметрах до 80 мм і 0,25 мм/об при діаметрах понад 80 мм. Профіль контролюють за допомогою шаблону, штангенциркуля та кутоміра. Граничні відхилення глибини западини зуба $\pm 0,15$ мм, кроку зубів – $\pm 0,2$ мм, переднього кута всіх зубів – $(+2^\circ \div -1^\circ)$.

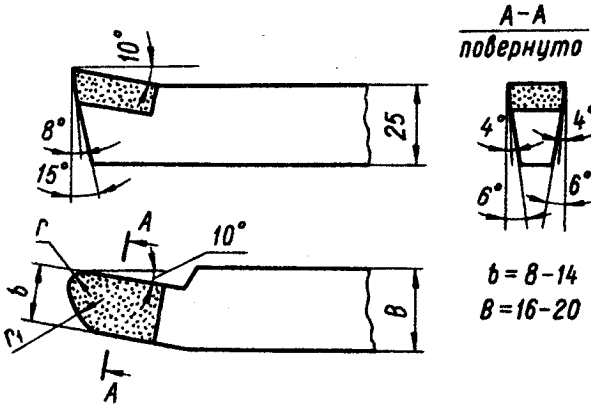


Рис. 10.42. Різець для проточування профілю зубів

Схема проточування профілю на верстатах з ЧПК відрізняється від схеми обробки на універсальних верстатах. Переміщення різця на крок зубів на верстатах з ЧПК задається керуючою програмою, внаслідок чого не потрібна попередня розмітка зубів. Переміщення різця проводять не перпендикулярно до осі протяжки, а під кутом $90^\circ + \gamma$ (рис. 10.43), що зменшує вібрації та підвищує стійкість різця.

Для того щоб забезпечити надійну роботу лонету (який, як і на універсальних верстатах, кріпиться на супорті верстата), різальні та калібрувальні зуби протяжки на попередній операції обточують по діаметру в один розмір, тому при проточуванні профілю виконують і обточування по зовнішньому діаметру зубів (крім калібрувальних зубів).

Протяжки, як правило, мають різні кроки та профілі різальних та калібрувальних зубів. В різцетримач верстата встановлюють два різці в позиції I і III: один – для калібрувальних зубів, другий – для різальних. Обробку розпочинають з останнього калібрувального зуба. Різець встановлюють у вихідне положення (наприклад, на 180 мм) від осі верстата з врахуванням безпеки повороту різцетримача при зміні інструмента. На верстаті замі-

ряють відстань $L = 180 - D_k/2$, де D_k – діаметр калібрувальних зубів після токарної обробки. Ручним введенням встановлюють відстань різця l_0 від торця протяжки до першого зуба, що нарізається (заміряють штангенциркулем).

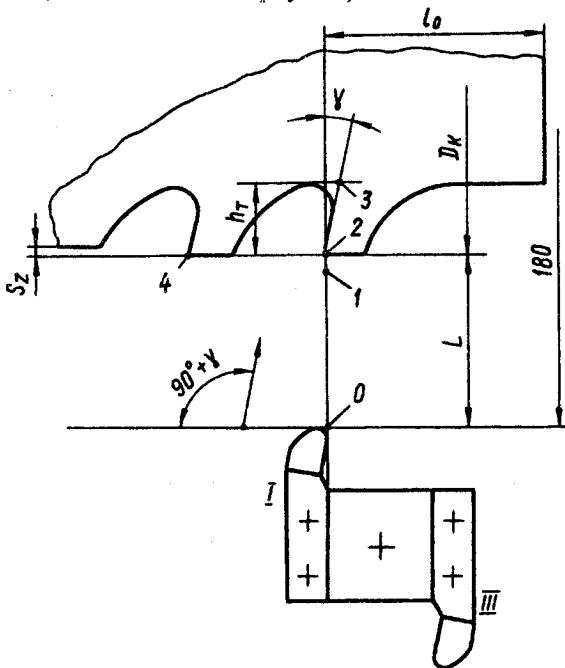


Рис. 10.43. Проточування профілю на верстатах з ЧПК

Робочий цикл для проточування профілю калібрувальних зубів виконують за схемою: 0–1 – швидке підведення різця; 1–2 (довжина 1 мм) – підведення на зменшеній подачі; 2–3 – врізання у западину під кутом γ на глибину h_T ; 3–2 – вихід із западини; 2–1 та 1–2 – перебіг 1 мм для вибору люфтів; 2–4 – переміщення на крок.

При обробці різальних зубів у перехід 1–2 до перебігу 1 мм додається поперечне переміщення різця на відстані S_z – половину підймання на зуб по діаметру.

Для переходу з обробки калібрувальних зубів на обробку різальних зубів різцетримач згідно з програмою управління

відводять назад на відстань 160 мм від осі центрів верстата і повертають для зміни інструмента. Після зміни інструмента розпочинається обробка різальних зубів.

Програмою верстата передбачена і автоматична обробка перехідних зубів з кроком, що відрізняється від кроків різальних та калібрувальних зубів. Швидкість різання при проточуванні профілю на верстатах з ЧПК 80 м/хв для протяжок діаметром до 30 мм, 70 м/хв – для протяжок діаметром 30–120 мм, 60 м/хв – для протяжок діаметрів понад 120 мм.

Подача різця при врзанні у западину зуба 0,10–0,15 мм/об при діаметрі протяжки до 60 мм і 0,2 мм/об при діаметрі понад 60 мм. Після досягнення різцем $2/3$ глибини зуба подачі зменшують на 20 %.

Поздовжня подача при обточуванні зубів по зовнішньому діаметру залежить від припуску, що знімається на кожному зубі (припуск знімається за один прохід):

Припуск на сторону, мм	Поздовжня подача, мм/об
до 1,25	0,4–0,5
1,25–2,25	0,3–0,4
понад 2,25	0,2–0,3

Менше значення подач приймають для протяжок діаметром до 80 мм.

Фрезерування профілю

Профіль шліцьових протяжок фрезерують при висоті шліців понад 1,5 мм, гранних протяжок – при $D - S \geq 3$ мм, де D – діаметр протяжки, S – відстань між гранями.

Профіль фрезерують на горизонтально- або поздовжньо-фрезерних верстатах. Передній кінець протяжки встановлюють в центр ділильної головки, задній кінець підтримується центром задньої бабки. Фрезерування проводять з використанням домкрата (рис. 10.44, а), який встановлюють у западину зуба. Для зменшення вібрації додатково використовують самоцентрувальні люнети (рис. 10.44, б). Розміри і кут профілю люнета підбирають так, щоб вони не мішали проходженню фрез при фрезеруванні. Якщо це не вдається зробити, то люнет встановлюють не на зуби,

що обробляються, а на круглі зуби або на передню напрямну частину або шийку протяжки.

Припуски після фрезерування профілю на шліфування наведені в табл. 10.24.

Шліцьові протяжки з прямобоковим профілем. Профіль протяжок з прямобоковими шліцами фрезерують комплектними дисковими однокутовими тристоронніми фрезами (рис. 10.45, а).

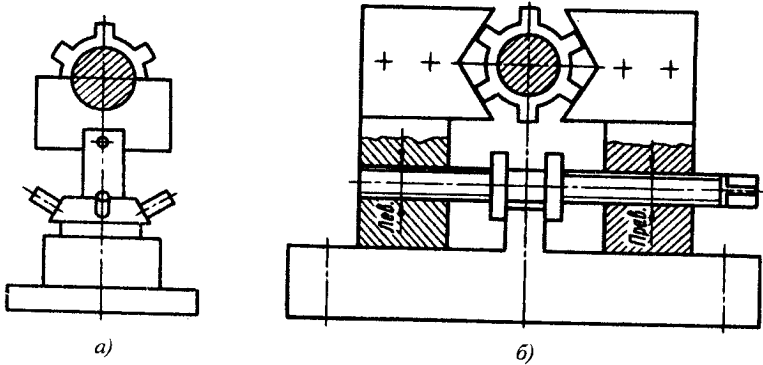


Рис. 10.44. Домкрат (а) і самоцентрувальний люнет (б)

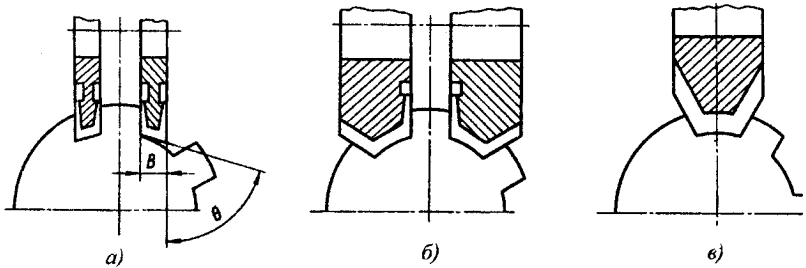


Рис. 10.45. Методи фрезерування протяжок з прямобоковими шліцами

Основні розміри профілю цих фрез:

Число шліців протяжки	6	8	10	16	20
Кут профілю фрез θ	72–76	78–79	81	84	85
Ширина фрез B , мм	4–9	5–9	4–9	4–5	5

Таблиця 10.24

Припуски (мм) на шліфування профілю протяжок

Діа-метр протяж-ки, мм	Довжина протяжки, мм											
	до 300		300–600		600–900		900–1200		1200–1500		понад 1500	
	2в	2h	2в	2h	2в	2h	2в	2h	2в	2h	2в	2h
До 30	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0	0,8	1,2	1,0	–	–	–	–
30–50	0,9	0,8	0,9	0,8	1,1	0,9	1,2	1,0	1,4	1,2	–	–
50–80	0,9	0,8	1,0	0,9	1,1	1,0	1,3	1,2	1,5	1,3	1,5	1,4
80–120	–	0,9	1,0	0,9	1,2	1,1	1,4	1,3	1,5	1,3	1,6	1,5
Понад 120	–	–	1,2	1,0	1,3	1,2	1,6	1,4	1,7	1,5	1,8	1,7

- Примітки: 1. На 2в допуск – 0,1 мм для шліцевих протяжок, – 0,2 мм для гранних протяжок, на 2h допуск – 0,2 мм.
2. Гострошліцеві та евольвентні протяжки фрезерують по внутрішньому діаметру в остаточний розмір без припуску на шліфування.
3. В таблиці подано припуск 2h для шліцевих протяжок з центруванням по d , при центруванні по D припуск зменшують на величину допуску на d .

Гребінці, що залишилися, при потребі знімають тристоронніми циліндричними фрезами. При постійній номенклатурі та великих партіях протяжок доцільно використовувати комплектні двокутові несиметричні тристоронні фрези (рис. 10.45, б). В цьому випадку одночасно повністю обробляють дві западини профілю. Знаходять використання також фасонні фрези, що обробляють повний профіль однієї западини (рис. 10.45, в). Профіль фасонних зубів не фрезерують, щоб при шліфуванні легше суміщати їх профіль зі шліцьовими зубами.

У ряді випадків фрезерування шліцьових протяжок з прямобоковим профілем виконують черв'ячними фрезами на шліцефрезерних верстатах. Цей метод характеризується високими продуктивністю, ступенем автоматизації та якістю, але вимагає спеціального обладнання і інструмента.

Нерівномірність колового кроку зубів при фрезеруванні шліцьових протяжок допускається не більше 0,2 мм. Контроль здійснюється індикатором при повороті протяжки в центрах за допомогою оптичної ділильної головки або головки з безпосереднім діленням. Відхилення від паралельності бокових поверхонь зубів відносно осі протяжки не повинно перевищувати 0,15 мм. Контроль здійснюється індикатором. Протяжку встановлюють в центрах приладу, індикатор переміщують паралельно до осі протяжки.

Відхилення від симетричності зуба відносно осі протяжки в поперечному перерізі допускається не більше 0,1 мм. Відхилення симетричності зуба перевіряють на верстаті в ділильній головці. Ділильний диск та хомутик повинні бути зафіксовані в робочому положенні. Індикатор встановлюють на столі верстата так, щоб вимірювальний накінецьник торкався в положенні 1 (рис. 10.46, а) бокової поверхні зуба. Після повороту протяжки за допомогою ділильного диска на 180° накінецьник індикатора в положенні 2 повинен дотикатися поверхні Б цього ж зуба. Різниця показів індикатора в положеннях 1 та 2 рівна подвоєному відхиленню від симетричності.

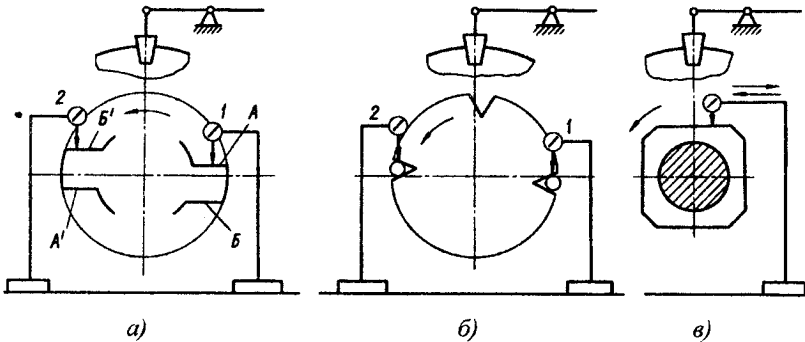


Рис. 10.46. Контроль протяжок при фрезеруванні профілю

Гострошліцьові та евольвентні протяжки. Профіль гострошліцьових і в більшості випадків евольвентних протяжок фрезерують двокутовими фрезами. При непарному числі шліців одну западину залишають не фрезерованою для можливості вимірювання зовнішнього діаметра при круглому шліфуванні. Кут профілю фрези бажано брати рівним куту западини профілю протяжки.

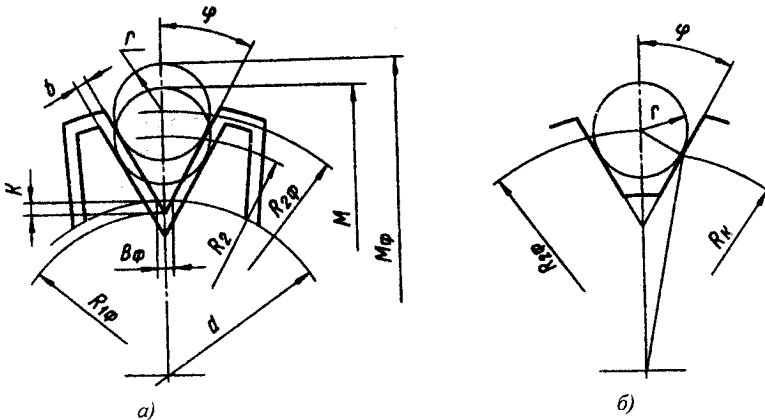


Рис. 10.47. Розрахунок розмірів профілю гострошліцьових протяжок при фрезеруванні

Товщина зуба профілю контролюється за допомогою роликів. Радіус кола центрів роликів після фрезерування (рис. 10.47, а) будуть:

$$R_{2\phi} = R_2 + \frac{\delta}{\sin\varphi},$$

де R_2 – радіус кола центрів роликів після шліфування:

$$R_2 = M/2 - r \text{ – при парному числі шліців;}$$

$$R_2 = \frac{M - 2r}{2 \cos \frac{90^\circ}{Z}} \text{ – при непарному числі шліців;}$$

M – розмір по роликах після шліфування.

Товщина зуба по роликах після фрезерування:

$$M_\phi = M + 2\delta/\sin\varphi \text{ – при парному числі шліців;}$$

$$M_\phi = M + \frac{2\delta}{\sin\varphi} \cdot \cos \frac{90^\circ}{Z} \text{ – при непарному числі}$$

шліців.

Діаметр ролика при фрезеруванні орієнтовно приймають таким, як і при шліфуванні. Радіус кола дотику роликів сторін профілю (рис. 10.47, б) в цьому випадку:

$$R_x = \sqrt{R_{2\phi}^2 + r^2 - 2R_{2\phi} \cdot r \cdot \sin\varphi}.$$

При діаметрі кола дотику, близького до зовнішнього діаметра протяжки, необхідно зменшити діаметр роликів.

Ширина вершини робочої фрези B_ϕ приймається рівною ширині западини профілю по внутрішньому діаметру d . Приблизно можна приймати (рис. 10.48, а):

$$B_\phi = 2k \cdot \operatorname{tg}\varphi,$$

де

$$k = \frac{d}{2} - R_{1\phi};$$

$$R_{1\phi} = R_{2\phi} - \frac{r}{\sin\varphi}.$$

Ширина вершини фрези повинна бути не менше 0,2 мм.

Якщо розрахункові значення є меншими, то необхідно збільшити діаметр d .

З метою використання наявних фрез кут профілю фрези φ_{ϕ} інколи беруть не рівним куту φ , а близьким до нього. В цьому випадку припуск 2ϵ за табл. 10.24 приймають як мінімальний. Розрахунковим або графічним шляхом визначають розмір по роликах.

Профіль евольвентних протяжок фрезерують двокутовими або фасонними фрезами. При фрезеруванні двокутовими фрезами припуски за табл. 10.24 приймають як мінімальні. Кут профілю фрези φ вибирають таким, щоб припуски біля основи профілю ϵ_1 і біля вершини ϵ_2 (рис. 10.48, а) були приблизно рівними, або припуск ϵ_2 був більшим ϵ_1 (для полегшення шліфування). Ширина вершини фрези повинна бути не менше 0,2 мм. Товщину зуба по роликах визначають, як і для гострошліцевих протяжок.

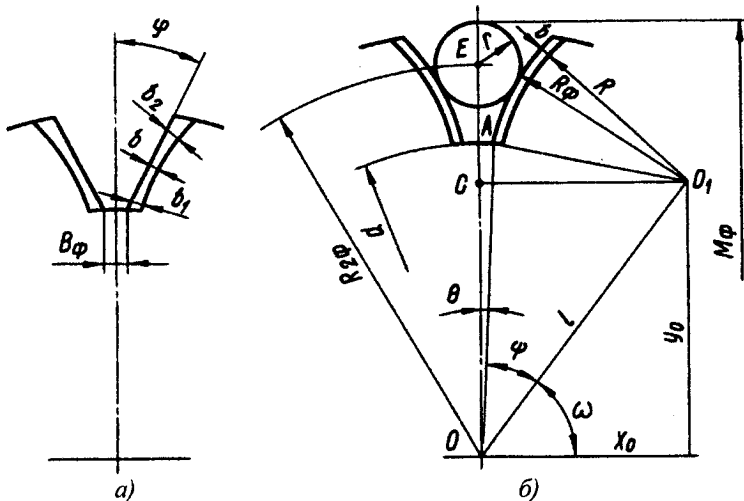


Рис. 10.48. Розрахунок розмірів профілю евольвентних протяжок при фрезеруванні

При фрезеруванні протяжок фасонними фрезами радіус профілю фрези приймають рівним:

$$R_{\phi} = R + e,$$

де R – радіус кола, що замінює евольвенту.

Товщину зуба по роликах визначають в такому порядку (рис. 10.48, б):

$$tg \alpha_0 = \frac{y_0}{x_0};$$

$$l = \frac{y_0}{\sin \omega},$$

де x_0 та y_0 – координати центра замінюючого кола.

З трикутника OO_1A за теоремою косинусів визначаємо кут ψ :

$$\cos \psi = \frac{l^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 - R_{\phi}^2}{l \cdot d}.$$

Радіус кола центрів ролика:

$$R_{2\phi} = y_0 + CE;$$

$$CE = \sqrt{(R_{\phi} + r)^2 - x_0^2};$$

$$R_{2\omega} = y_0 + \sqrt{(R_{\phi} + r)^2 - x_0^2}.$$

Товщина зуба по роликах:

$M_{\phi} = 2(R_{2\phi} + r)$ – для парного числа шліців;

$M_{\phi} = 2\left(R_{2\phi} \cdot \cos \frac{90^\circ}{Z} + r\right)$ – для непарного числа шліців.

Ширина вершини фрези:

$$B_{\phi} = d \cdot \sin \theta,$$

де $\theta = 90^\circ - (\omega + \psi)$.

Фрезерування профілю евольвентних протяжок може також проводитись черв'ячними модульними фрезами на шліце-фрезерних верстатах.

Товщину зуба по роликах контролюють за допомогою мікрометра. Допуск розміру приймається рівним 0,2 мм.

При контролі відхилення від симетричності зубів гострошліцевих та евольвентних протяжок (рис. 10.46, б) у западину зуба встановлюють ролик. Вимірювальний накінецьник індикатора торкається вищої точки ролика. Подальші вимірювання виконують як для шліцевих протяжок.

Гранні протяжки

Грані фрезерують циліндричними фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах, рідше – кінцевими фрезами на вертикально-фрезерних. Відхилення від геометричної форми, від симетричності граней відносно осі і від площинності перевіряють за допомогою індикатора та ділильної головки (рис. 10.46, в).

За допомогою індикатора встановлюють протяжку в ділильній головці так, щоб верхня грань була паралельна до основи приладу. Після цього закріплюють хомутик. Повертаючи протяжку по ділильному диску на кожну грань і переміщуючи індикатор в поперечному напрямку, визначають відхилення від геометричної форми і від симетричності граней відносно осі. Допустимі відхилення – 0,1 мм. При переміщенні індикатора вздовж осі протяжки визначають відхилення від площинності граней. Допустиме відхилення – 0,2 мм на всій довжині протяжки.

Галтели фрезерують, якщо їх ширина більша 15 мм. Операцію виконують на вертикально-фрезерному верстаті однокутовою або циліндричною фрезою. Для одержання заднього кута 5° фрезерування проводять з вертикальною подачею.

Після фрезерування протяжки правлять на пресах, протяжку при цьому встановлюють на призмі. Допустимі биття протяжок після правки наведені в табл. 10.25.

Таблиця 10.25

Допустиме биття протяжок, мм

Діаметр протяжки, мм	Довжина протяжки, мм				
	до 300	300–600	600–900	900–1200	понад 1200
до 30	0,10/0,02	0,15/0,25	0,20/0,30	0,25/0,35	0,30/0,40
30–50	0,10/0,25	0,20/0,30	0,25/0,32	0,30/0,40	0,35/0,45
50–80	0,10/0,25	0,20/0,35	0,25/0,40	0,30/0,45	0,35/0,50
80–120	0,15/0,35	0,25/0,45	0,30/0,50	0,35/0,55	0,40/0,60

Примітка: В чисельнику – биття до термообробки, в знаменнику – після термообробки.

Шліфування протяжок

Після термічної обробки центрові отвори протяжок виправляють на вертикальних центрувально-шліфувальних верстатах 3А920 або на спеціальних верстатах. Обробку ведуть шліфувальною кінцевою головкою або твердосплавним зенкером з пластинками із сплаву ВК8. Частоту обертання шпинделя приймають рівною: при роботі шліфувальною головкою – 15000 хв^{-1} , при роботі твердосплавним зенкером – 7500 хв^{-1} .

Більш висока якість центрових отворів досягається при використанні верстатів з планетарним обертанням шпинделя (МВ-119, 3922Р та ін.).

Передню поверхню та спинку зубів шліфують на заточувальних верстатах, наприклад, 3601. Для цього можуть бути використані також токарні верстати, у яких замість різцетримача встановлюють шліфувальний пристрій.

Обробку передньої поверхні виконують твірною конуса шліфувального круга. При вірно вибраному діаметрі шліфувального круга і вірній його установці сліди обробки розміщуються по концентричному колу.

Для заточування використовують круги 24А, 25, СМ2, К.

Передній кут контролюють кутомірор або спеціальним приладом. Профіль спинки зубів шліфують на тому ж верстаті, на якому шліфують передні поверхні зубів шліфувальним кругом 14А, 25, СТ1, В. Круг при шліфуванні не правлять.

Кругле шліфування

Протяжки з $L:D > 15$ обробляють з використанням люнету. Спочатку шліфують передню напрямку, на ній встановлюють люнет, після чого шліфують хвостовик, шийку, задню напрямну. У тонких протяжках (діаметром до 30 мм) попередньо шліфують місце під люнет на перших двох-трьох зубах. На це місце ставлять люнет для обробки передньої напрямної, що дозволяє проводити шліфування на більш високих режимах. Спинки зубів мають невелику довжину, шліфують швидко і з малими вібраціями. Подальшу обробку виконують використовуючи люнет, що встановлений на передній напрямний.

Різальні зуби шліфують по загальному конусу. Контролюють конусність шляхом вимірювання діаметра зубів протяжки. Оскільки вимірювання мікрометром проводять по задній кромці спинки зуба, а не по різальній кромці (рис. 10.49), то в покази мікрометра вносять поправку δ :

$$\delta = 2S_z \cdot \frac{B}{t},$$

де S_z – підймання на зуб на сторону;

b і t – відповідно ширина спинки і крок зубів.

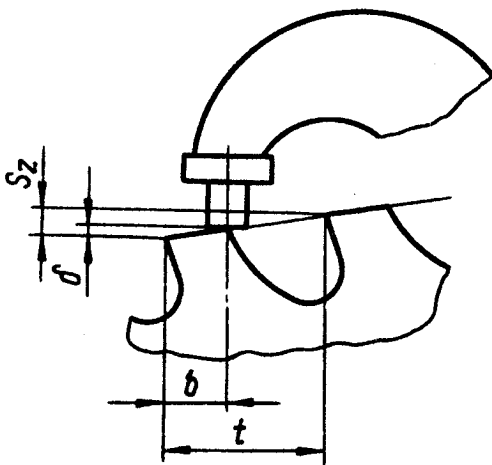


Рис. 10.49. Вимірювання діаметра зубів

Далі шліфують зуби по секціях.

Шліфування задньої поверхні зубів виконують на цих же верстатах. Кожен зуб шліфують окремо. Різальні зуби шліфують до необхідної гостроти. Допускається циліндрична стрічка по задній поверхні біля вершин зуба не більше 0,05 мм. На калібрувальних зубах залишають стрічку згідно з кресленням.

При шліфуванні задніх поверхонь контролюють діаметр всіх зубів і задній кут. Задній кут визначають за допомогою індикатора по різниці діаметрів на довжині задньої поверхні зуба.

При круглomu шліфуванні використовують круги 24А, 25, СМ1–СМ2, К.

До циліндричних протяжок для обробки отворів з допусками по Н7 і Н8 ставляться підвищені вимоги до шорсткості поверхні. У цих протяжках проводять доводку задніх поверхонь калібрувальних зубів. Операцію виконують на верстатах підвищеної точності, використовують круги 63С, М40–М28, СТ1, Б або круги з ельбору 125/100, СМ2, К. Під доведення залишають припуск 0,02–0,05 мм.

Шліфування профілю. Профіль шліцьових протяжок всіх видів і граних протяжок шліфують на шліцешліфувальних верстатах 3451А, 3451В та ін.

Протяжку встановлюють в центрі ділильної головки або ділильної бабки верстата та кріплять хомутиком. Нежорсткі протяжки знизу підтримують одним, інколи двома домкратами, з яких один встановлюють під передню напрямну, а другий – посередині протяжки у западині зуба. Використовують круги 25А, 25–16, СМ1–СМ2, К.

Для зменшення тертя при експлуатації протяжок використовують метод шліфування профілю з підійманням заднього центра. Необхідно мати на увазі, що при великому підійманні заднього центра виникають значні похибки колового кроку із-за відхилення від співвісності шпинделя ділильної головки і протяжки. Похибок не буде, якщо підіймання заднього центра здійснювати шляхом повороту накладного стола.

Шліцьові протяжки з прямобоковим профілем. Обробку цих протяжок проводять з вертикальною подачею шліфувального круга. Попередню обробку здійснюють фасонно заправленим шліфувальним кругом по всьому профілю западини.

Припуск на остаточне шліфування – 0,1–0,3 мм. При остаточному шліфуванні спочатку обробляють обидві бокові сторони профілю та канавки біля основи шліців (рис. 10.50, а).

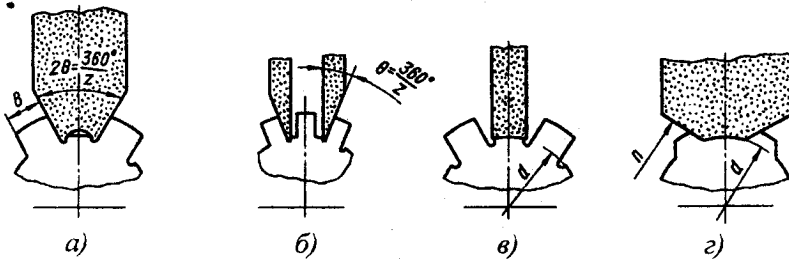


Рис. 10.50. Шліфування профілю протяжок з прямобоковими шліцями

Круг правлять на кут 2θ , що дорівнює куту западини профілю протяжки. Правлять круг за допомогою пристрою, показаного на рис. 10.51.

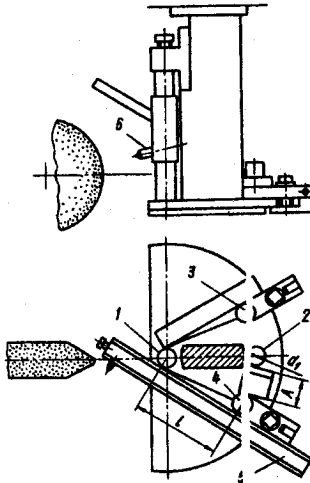


Рис 10.51. Пристосування для правки шліфувального круга

На плиті пристосування закріплені два нерухомих калібрувальних ролики 1 і 2 діаметром d_1 . На поворотних напрямних закріплені два інших ролики 3 і 4 такого ж діаметру. Необхідний кут заправки круга θ встановлюють за допомогою блоку А кінцевих мір довжини:

$$A = 2l \cdot \sin \frac{\theta}{2} - d_1,$$

де l – відстань між роликами.

Алмазну оправку 5 при правці шліфувального круга переміщують вручну, при цьому вона щільно притискається до роликів. Подачу алмазу 6 на шліфувальний круг здійснюють столом верстата. Під час шліфування мікрометром контролюється розмір В.

При числі шліців 16 і більше профіль шліфується набором двох шліфувальних кругів, кожним з яких обробляють одну сторону шліца (рис. 10.50). Пояснюється це тим, що при великому числі шліців кут западини профілю і ширина западини малі, шліфувальний круг був би тонким і нежорстким. При шліфуванні двома кругами за схемою рис. 10.50 кут профілю круга збільшується в два рази, жорсткість його збільшується.

Після шліфування бокових сторін шліфується внутрішній діаметр (рис. 10.50). Круг правиться алмазом 6 пристосування. Виліт алмазу дорівнює половині внутрішнього діаметра протяжки. Діаметр контролюється мікрометром.

Профіль фасонних зубів шліфується одночасно по бокових сторонах і внутрішньому діаметру (рис. 10.50). Товщина зуба n і внутрішній діаметр d контролюються мікрометром.

На бокових сторонах шліців, для зменшення тертя при експлуатації, шліфують піднутрення (рис. 10.52). Кут піднутрення $\varphi_1 = 1-2^\circ$, ширина стрічки f допускається не більше 1,0 мм. Піднутрення шліфують одночасно по обох сторонах профілю. Щоб витримати допустиму ширину стрічки f шліфування проводять по ділянках: розпочинають з того зуба, в якого висота шліців 1,5 мм, і шліфують в напрямку калібрувальних зубів до зуба, де $f = 1$ мм, далі круто повідомляють вертикальну подачу, шліфують наступну ділянку і т.д., до калібрувальних зубів. Кут піднутрення контролюють за допомогою індикатора. У виготов-

лених таким методом протяжок бокові стрічки не мають заднього кута, що негативно впливає на різання.

Більш прогресивний метод – шліфування профілю з підійманням заднього центра протяжки. При цьому методі шліфування на всіх різальних кромках утворюються допоміжні кути в плані більші нуля, стійкість протяжок збільшується.

При шліфуванні з підійманням заднього центра бокові поверхні шліців шліфують відразу з піднутренням, круг правлять на кут $2\theta_k = 2(\theta - \varphi_1)$.

Підіймання заднього центра залежить від кута φ_1 і довжини протяжок. Його величина складає 0,2–0,3 мм на 1000 мм довжини. Ширина вершини шліців у чистових і калібрувальних зубів при цьому методі дещо зменшується в напрямку до останнього калібрувального зуба. Це зменшення невелике і воно допустиме.

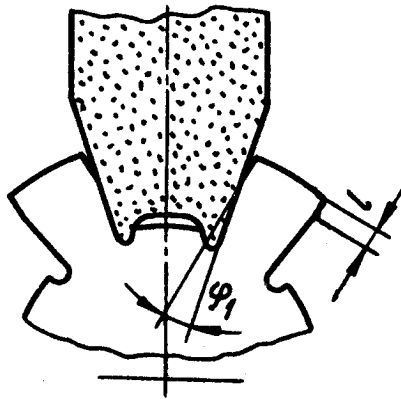


Рис. 10.52. Піднутрення бокових сторін шліців

Після шліфування бокових сторін шліців шліфують внутрішній діаметр без підіймання заднього центра.

Контроль елементів профілю після шліфування виконується аналогічно до контролю після фрезерування.

Гострошліцьові протяжки. Для правки шліфувального круга використовують такий пристрій, як і для правки протяжок з прямобоковим профілем. Профіль шліфують одночасно по бо-

кових сторонах і внутрішньому діаметру. Взагалі використовують круги твердістю СМ1–СМ2, при вузькій западині профілю беруться більш тверді круги: С1, С2.

Кут правки круга перевіряють контролем на мікроскопі сталевій пластині, прорізаної цим кругом. Товщина зуба і кут профілю протяжки контролюють вимірюванням розміру по роликах М1 та М2 (рис. 10. 53, а).

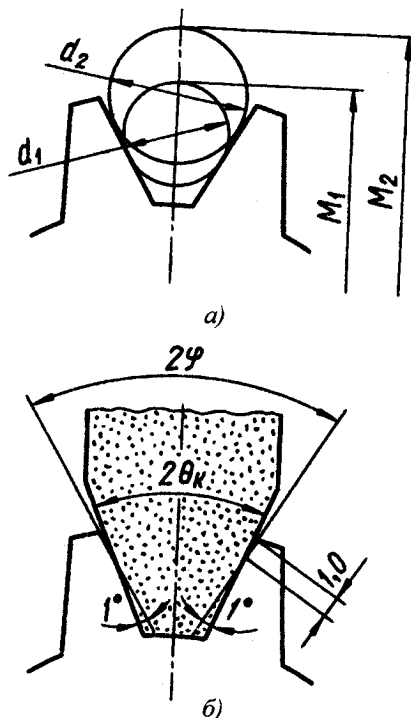


Рис. 10.53. Контроль профілю гострошліцьових протяжок (а) та шліфування піднутрення (б)

Діаметри роликів d_1 та d_2 вибирають так, щоб торкання роликками профілю було в точках, що знаходяться, відповідно, на $1/3$ та $2/3$ висоти зуба. Контроль здійснюють в трьох перерізах протяжки: на калібрувальних зубах в середині протяжки і

контрольному буртику на передній напрямній. Діаметр буртика роблять рівним діаметру калібрувальних зубів, після контролю зішлифовують на круглошліфувальному верстаті. У протяжок першого проходу контрольний буртик не роблять.

Для зменшення тертя при експлуатації протяжки на бокових сторонах профілю шліфують піднутрення (рис. 10.53, б). Ця мета досягається шліфуванням профілю з підйманням заднього центра. Величина підймання дорівнює 0,05–0,2 мм на довжині протяжки.

Контроль елементів профілю після шліфування проводиться так, як і при фрезеруванні профілю.

Шліцові протяжки з евольвентним профілем. Бокові сторони профілю зубів у цих протяжок виконують по евольвенті або дузі кола, що замінює евольвенту.

На рис. 10.54 показана схема пристосування для правки шліфувального круга по евольвенті, розробленого Челябінським політехнічним інститутом. В основу роботи пристосування покладено принцип утворення евольвенти шляхом коливання без ковзання прямої по колу.

По змінному диску 1 обкочуються лінійки 2 і 3 із закріпленими на них алмазами. На рис. 10.54 показано тільки один алмаз на лінійці 3. Для забезпечення надійного контакту лінійки і диски зв'язані стрічками 4 і 5. Один кінець стрічки кріпиться планкою на торці лінійки, а другий огинає диск, шарнірно скріплений з гвинтами 6 і 7. За допомогою гайок проводиться натягнення стрічок. Між собою лінійки з'єднані стрічкою 8.

Діаметр диска:

$$D = d_{го} - S,$$

де $d_{го}$ – діаметр основного кола протяжки;

S – товщина стрічки (0,2 мм).

Гвинтом 9 через призму 10, що переміщується в пазу корпуса, диск притискається до упора.

Як одне ціле з лінійками виконані стояки, в яких прихоплювачами кріплять втулки з алмазами. Осі алмазів знаходяться в площині, яка паралельна до кромки лінійки і проходить через середину товщини стрічки. Виліт алмаза в осьовому напрямку, що забезпечує задану товщину зуба протяжки, встановлюють

спеціальним приладом, який настраюють по блоку кінцевих мір довжини.

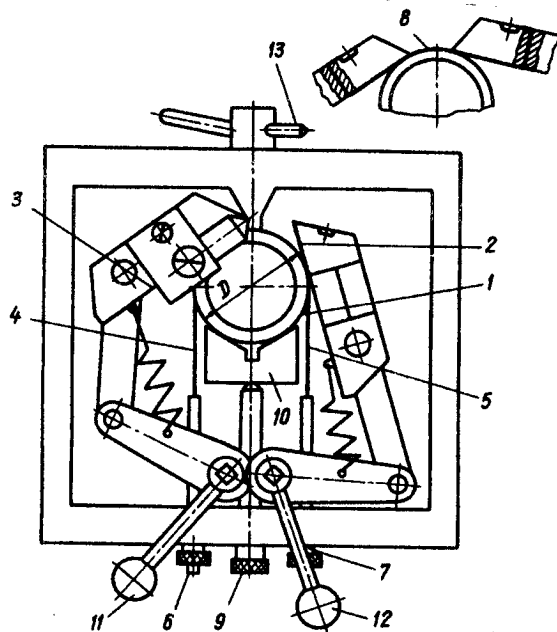


Рис. 10.54. Пристосування для правки шліфувального круга по евольвенті

Рух лінійки одержують від рукояток 11 або 12 через коромисло і сержку. Для усунення люфтів лінійки і коромисла стягнуті пружинами. Правка круга проводиться при поздовжньому переміщенні стола верстата на шліфувальний круг. Для правки круга по дузі кола западин передбачений алмаз 13.

На рис. 10.55 показано пристрій, за допомогою якого проводиться правка круга по дузі кола.

Установку алмазу для забезпечення радіуса R замінюючого кола проводять по блоку кінцевих мір A_1 .

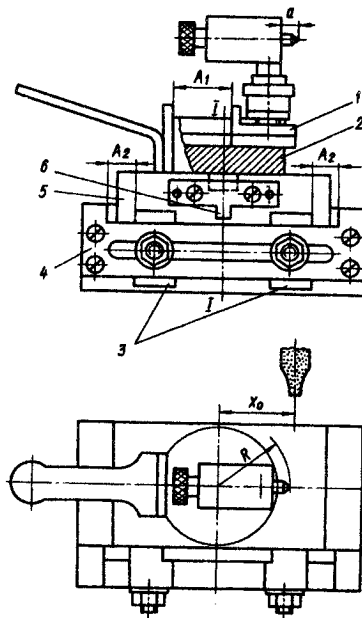


Рис. 10.55. Пристосування для правки шліфувального круга по дузі кола

Після установки алмазу повзун 1, на якому знаходиться стояк з алмазом, кріплять на диску 2. Виліт α алмаза встановлюють за допомогою скоби.

Абсциса центра замінюючого кола X_0 встановлюється по блоках кінцевих мір A_2 , до яких притискаються упори 3. Упори кріплять гвинтами на планці 4. Під час правки однієї сторони профілю каретка 5 притискається виступом 6 до одного упора і при правці іншої сторони – до іншого.

Правка здійснюється поворотом диска 2 навколо осі I-I. Подача алмаза на стружку проводиться поздовжнім переміщенням стола верстата.

Для одержання симетричного профілю шліфувального круга переміщення стола контролюють за допомогою індикатора. Правку діаметра круга по дузі кола западин виконують цим же

алмазом при встановленні його по осі профілю шліфувального круга.

Шліфування проводиться з вертикальною подачею круга. Профіль протяжки контролюють вимірюванням розміру по роликах в трьох точках профілю. Коло дотику середнього ролика повинно проходити приблизно по середині профілю, кола дотику великого і меншого роликів довжини повинні знаходитися на $1/3$ висоти профілю відповідно від зовнішнього діаметра і діаметра кола западин.

Вимірюють розмір по роликах на калібрувальних зубах, в середині протяжки і на першому зубі. Якщо висота профілю на першому зубі недостатня для установки контрольних роликів, то роблять буртик на передній напрямній. Після прийому протяжки буртик зішліфовують на круглошліфувальному верстаті. Розміри по роликах на калібрувальних зубах не повинні перевищувати розміри по роликах на першому зубі.

Контролюють накопичену похибку колового кроку, паралельність осі симетрії бокових поверхонь зубів відносно осі центрів і симетричність зуба в поперечному перерізі та ж, що і при фрезеруванні.

У протяжок, що шліфуються без підймання заднього центра, по профілю робиться піднутрення: шліфувальний круг правлять так, щоб його радіус був меншим, ніж при шліфуванні профілю; при вертикальній подачі зрізають частину профілю нижче стрічки $f = 1$ мм.

Гранні протяжки. Профіль гранних протяжок шліфують периферією круга. Контролюють розмір між гранями, форму поперечного перерізу (включаючи непрямолінійність граней) і відстань граней від осі протяжки. Методи контролю такі, як і при фрезеруванні профілю.

По гранях зубів на всій довжині різальної частини протяжок повинен бути зворотний нахил не менше $0,01$ мм на сторону. Це досягається підйманням заднього центра при шліфуванні.

У протяжок з діаметром серцевини $d \geq S + 2r$, де r – радіус западини зуба, шліфують поздовжні канавки по гранях для зменшення тертя при експлуатації протяжки (рис. 10.56). На

гранях протяжок шліфують задній кут α на заточному верстаті чашковим кругом. Протяжку кріплять на магнітній плиті.

Контрольні запитання

1. Назвіть і дайте характеристику операції технологічного процесу виготовлення токарних різців.
2. Назвіть і дайте характеристику операції технологічного процесу виготовлення спіральних свердел.
3. Назвіть і дайте характеристику операції технологічного процесу виготовлення мітчиків.
4. Назвіть і дайте характеристику операції технологічного процесу виготовлення твердосплавних кінцевих фрез.
5. Назвіть і дайте характеристику операції технологічного процесу виготовлення фасонних затилованих фрез.
6. Назвіть і дайте характеристику операції технологічного процесу виготовлення черв'ячних фрез.
7. Назвіть і дайте характеристику операції технологічного процесу виготовлення зуборізних довбачів.
8. Назвіть і дайте характеристику технологічного процесу виготовлення дискових шеверів.
9. Назвіть і дайте характеристику операції технологічного процесу виготовлення круглих протяжок.
10. Дайте характеристику особливостям виготовлення твердосплавних черв'ячних фрез.
11. Дайте характеристику особливостям виготовлення косозубих довбачів.
12. Дайте характеристику особливостям виготовлення твердосплавних довбачів.
13. Дайте характеристику особливостям виготовлення дрібномодульних шеверів.
14. Дайте характеристику особливостям виготовлення шліцьових протяжок.
15. Дайте характеристику особливостям евольвентних протяжок.
16. Дайте характеристику особливостям гранних протяжок.

Глава 11

ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

11.1. Загальна характеристика

Поняття "технологічна оснастка" є комплексним. До технологічної оснастки відноситься вся номенклатура знарядь праці, які орієнтують предмет праці відносно машини або робочого місця, або безпосередньо тих, що змінюють чи контролюють форму, розмір, властивості предмету праці.

Прикладами технологічної оснастки можуть бути штампи, пристосування, прес-форми, моделі, різальний, вимірювальний, допоміжний та слюсарно-монтажний інструменти, прилади активного контролю, датчики та ін.

Серед різних видів технологічної оснастки різальний інструмент займає особливе положення. За властивостями та вимогами, що ставляться до різального інструмента, він найбільшою мірою містить в собі вимоги і технологічні особливості інших видів оснастки. В загальному випадку це – вимоги до вибору матеріалів та їх властивостей для основних робочих елементів оснастки, точності їх виготовлення та базування, особливі вимоги до якості робочих поверхонь, складність форми окремих видів оснастки, широке використання термічних, шліфувальних і доводочних операцій, способів підвищення зносостійкості робочих поверхонь. Власне цьому основні положення, типові рішення та обладнання, що використовується при виготовленні різального інструмента складають основу технології виготовлення кожного з видів оснастки.

Разом з цим, в залежності від конструкції того або іншого пристосування, вимірювального пристрою, штампа, ливарної форми або прес-форми, є багато деталей оснастки, технологія виготовлення яких не відрізняється від технології виготовлення деталей та вузлів загального машинобудування. До них відносяться осі та валики, елементи приводів механізованих пристосувань, кріпильні деталі, втулки, конуси, кронштейни, корпусні деталі тощо.

В останні роки для виготовлення складно-профільної оснастки все більше використовуються інтегровані технології, серед яких інтегровані процеси прискореного формоутворення виробу або прототипу (Rapid Prototyping) займають особливе місце при виготовленні ливарних форм, прес-форм і штампів.

Інтегровані технології представляють собою органічне поєднання комп'ютерних технологій обробки інформації, трикоординатного моделювання (САД) і сучасних способів виготовлення.

Ідеологія прискореного формоутворення виробу (моделі, прототипу) базується на: можливості комп'ютерного автоматизованого проектування виробу (за кресленням, аналітичними залежностями або за результатами вимірювань), комп'ютерної оптимізації його конструкції, виходячи з вимог дизайну, форми, властивостей функціонування (САД) трансформації трикоординатної моделі в сукупність пошарових двовимірних, двокоординатних моделей; можливість створити цю сукупність як тверdotілий виріб або його прототип (САМ) (рис. 11.1) [29].

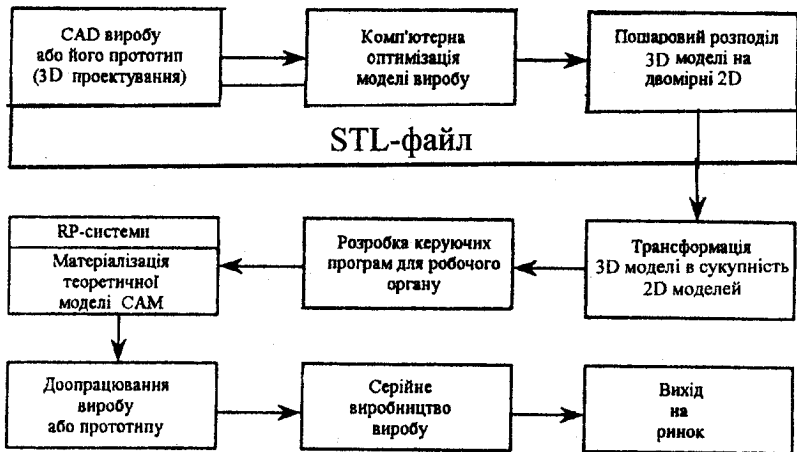


Рис. 11.1. Структура інтегрованого робочого процесу прискореного формоутворення Rapid Prototyping

Функціональна структура інтегрованого робочого процесу прискореного формоутворення виробу може бути подана в такій послідовності:

1. Одержання тривимірної математичної моделі виробу. Вона створюється за даними креслення та частинними аналітичними залежностями. Якщо виріб відтворюється, то модель одержують на трикоординатній вимірювальній машині шляхом обмірювання оригіналу скануванням поверхні пошарового або по точках.

2. Комп'ютерна оптимізація конструкції створюється за програмами, виходячи з функціонального призначення, дизайну та інших вимог, що ставляться до виробу, який розробляється. Важливість цього етапу визначається ще й тим, що для комп'ютерної оптимізації не вимагається твердотіла модель або виріб, що різко скорочує час на проектування.

3. Пошарове подання теоретичної моделі сукупністю двовимірних відносно простих моделей.

4. Створення програм комп'ютерного управління рухом робочого органу "інструмента", за допомогою якого пошарово у відповідності з сукупністю 2D моделей буде матеріалізуватися теоретична модель виробу або його прототип.

5. Пошарове одержання одним із способів суцільної твердотілої моделі або виробу чи серії виробів.

6. Остаточний виріб або модель одержують наступним поліпшенням властивостей. Для цього на першій стадії встановлюються відмінності властивостей очікуваного прототипу і необхідного виробу за геометричною формою, фізичними, механічними, хімічними та іншими властивостями.

На другій стадії частина цих відмінностей встановлюється за рахунок параметрів процесу матеріалізації теоретичної моделі.

На третій, остаточній стадії відбувається максимально можливе наближення його функціональних властивостей до необхідних (зносостійкість, міцність, електропровідність, металізація, доведення тощо).

Зараз використовуються наступні способи прискореного формоутворення виробів або їх прототипів:

- спосіб стереолітографії (SL або SLA);

- вибірне лазерне спікання (SLS або LS);
- виготовлення шарових об'єктів (LOM);
- моделювання оплавленням (FDM);
- основний термічний вплив (SGC);
- виготовлення з використанням балістики (BPM);
- виготовлення направленим світлом (DLF);
- пряме блокове виготовлення оболонки (DSPC);
- багатофазове затвердіння струменю (MJS);
- за принципом трикоординатної глибокої печаті (3D Printing TDR).

При виготовленні оснастки способи прискореного формотворення є первинними RP-моделями, а їх ефективність визначається видом завершальної технології.

На рис. 11.2 наведені типові завершальні технології, використання первинних RP-моделей.

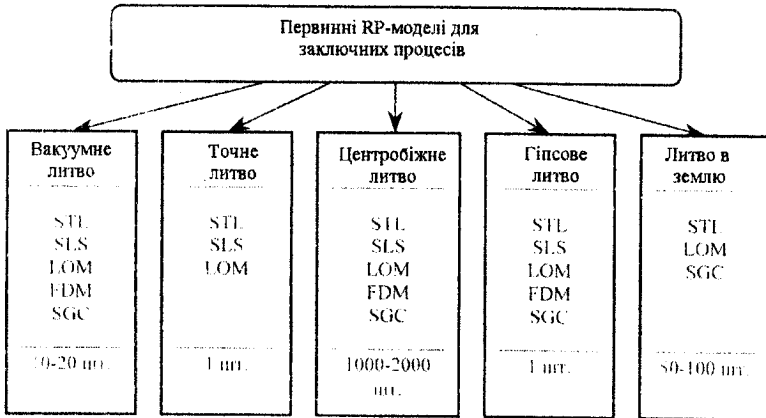


Рис. 11.2. Типові завершальні технології використання первинних RP-моделей

Для виготовлення оснастки різного призначення широко використовуються електроерозійні методи обробки, що мають великі технічні можливості. Ці методи дозволяють забезпечити високопродуктивну і високу типову обробку оснастки та інструментів надскладних профілів з твердих сплавів і термооброблених сталей.

11.2. Способи прискороного формоутворення

Суть способів прискороного формоутворення виробів або їх прототипів, згідно з [29], полягає в наступному.

11.2.1. Способи стереолітографії (SL)

При *SL* геометричне відтворення деталі здійснюється пошарово дисперсійним затвердінням рідкого фотополімеру за допомогою *UV* лазера (полімеризація) (рис. 11.3). Загальні товщини шару складають від 0,05 до 0,2 мм. На основі 3D-САД даних для окремих площин перерізу розробляються керуючі програми для ХУ-сканування поверхні рідкого фотополімеру.

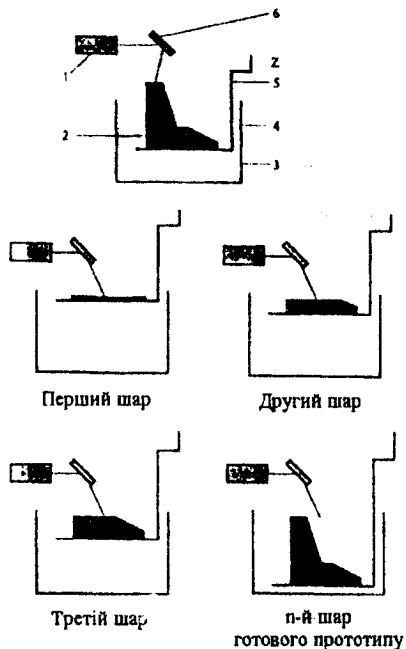


Рис. 11.3. Схема одержання моделі твердого тіла пошаровим нарощуванням по способу стереолітографії: 1 – лазер; 2 – виріб; 3 – рідкий полімер; 4 – ванна; 5 – рухома платформа; 6 – дзеркало, що керується скануванням

Конструктивний елемент будується поступово на платформі носія, яка знаходиться до початку обробки безпосередньо під поверхнею полімеру (рис. 11.3). Промінь лазера, що керується комп'ютером, проходить по поверхні рідкого полімеру, "скануючи" його частину у відповідності з конфігурацією первинного шару. Відбувається дисперсійне затвердіння цього шару рідкого фотополімеру, після чого платформа носія опускається на величину, що дорівнює товщині твердого шару. Так послідовно відбувається відтворення тривимірної геометрії конструктивного елемента.

SL-метод сьогодні є самим точним. За його допомогою можна виготовити дуже складні геометричні поверхні з внутрішніми пустотами і найтоншими стінками та отворами в субмікрообласті.

Стереолітографія зв'язана з фотополімерами, а отже, світлочутливі властивості, що відносяться до цього, домінують над всіма іншими властивостями матеріалу, такими як твердість, еластичність, температурна стійкість. Оскільки останні не співпадають з властивостями серійних матеріалів заготовок, то для їх набуття повинні бути почергово включені методи завершення: лиття, покриття та ін. З цього витікає, що процес стереолітографії – двоступеневий.

На першому ступені в полімерній ванні стереолітографічного пристрою виникає в період виготовлення ще відносно м'яка модель, яка потребує для установки "опор" у вільнонесучій структурі, що підготовляються при попередньому процесі та після закінчення виготовлення повинні бути видалені вручну. Крім того, виготовлені моделі повинні бути очищені розчинником і остаточно загартовані в печі. Ці операції чистки, видалення підтримуючої конструкції та загартування відбуваються поза стереолітографічним пристроєм і визначають другу ступінь процесу.

11.2.2. Спосіб вибірного лазерного спікання (SLS)

Вихідний матеріал – порошкоподібні поліаміди, полікарбонати, полістирол, сплави нікелю та бронзи тощо. Подібно рідкому полімеру (спосіб *SL*) порошок заповнює ванну або по-

шарово наноситься на рухому платформі. Промінь CO_2 -лазера сканує поверхню порошку у відповідності з конфігурацією першого перерізу і обумовлює локальне вибірне спікання порошкової маси (рис. 11.4).

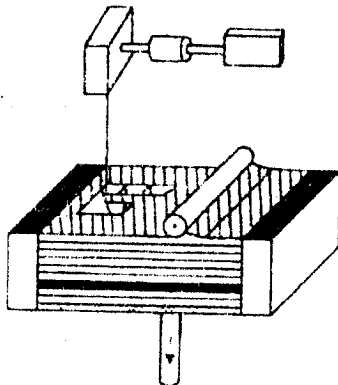


Рис. 11.4. Вибірне лазерне спікання (SLS)

Керуючі дані для лазера вводяться, як і в попередньому способі, виходячи із 3D-CAD геометрії. Вихідний матеріал пошарово перетворюється в інертну аморфну масу і за допомогою роликів згладжування наноситься на платформу носія. Керований від сканера промінь лазера шлакує (локально розтоплює) порошок в прилягаючих до побудованої структури областях. Порошок, що лежить поблизу, набуде при цьому заданої форми деталі. Виготовлення геометрії деталі відбувається пошарово. Платформа носія циклічно рухається вниз. Після закінчення останнього шару знімається конструктивний елемент (КЕ) і піддається специфічній обробці, що застосовується до нього.

11.2.3. Спосіб виготовлення пошарових об'єктів (LOM)

При LOM конструктивні елементи вирізаються один за одним з окремих аркушів клейкого паперу або фольги (листової) і з'єднуються вздовж зрізів за допомогою лазера (рис. 11.5).

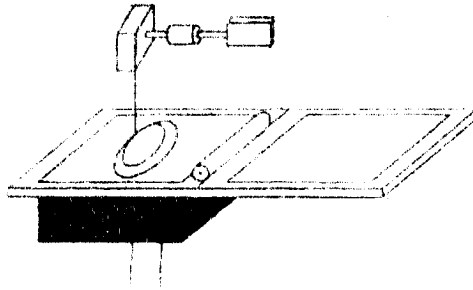


Рис. 11.5. Одержання моделі нарощування пошарового пластика (LOM)

Вихідні дані розраховуються для кожного шару в 3D форматі CAD даних про конструкцію і передаються на лазер. У вертикальному напрямку платформи носія накладають один на другий і притискають окремі листи фольги. Промінь лазера проникає тільки на визначену глибину. Точне фокусування променю лазера і управління від CAD гарантує, що буде вирізатися шар тільки на визначену глибину. Не належні до області продукту частки листів паперу або фольги залишаються в прямокутнику, щоб їх легше можна було видалити. Модель створюється пошаровим нарощуванням окремих листів (шарів), в результаті чого виникає точна тривимірна модель. Після закінчення формоутворення KE потрібно видалити ділянки, що не належать до деталі. Поверхню, що одержала, потрібно доводити до завершення відповідно до вимог вручну.

11.2.4. Спосіб основного термічного впливу (SGC)

Спосіб базується на принципі фотополімеризації. На відміну від SL-способу, при якому експонується поверхня шару (точка за точкою) за допомогою променю лазера – відбувається експозиція за допомогою маски та UV-лампи. Виходячи з опису геометрії деталі в STL-форматі (квазістандартний формат даних для RP-методу), будується геометрія через взаємодію двох окремо існуючих циклів (рис. 11.6). В першому циклі відбувається виготовлення маски-негативу, яка служить як літогра-

фічна структура для процесу експозиції. У формоутворенні КЕ приймає участь, перш за все, шар тонкого рідкого полімеру, що накладається на диск носія. Після експозиції на раніше проведеної масці наноситься фотополімер і відбувається його нарощування. Після охолодження воску відбувається опускання шару на визначену товщину, як правило, 0,15 мм. Далі розпочинається цикл утворення поновленням воскової маски нашарування рідкого фотополімеру. Використання воску є характерним для SGC, він використовується як опорна конструкція. На окремій операції затвердіння після експозиції маски гарантується повне затвердіння фотополімеру. В подальшому відбувається процес очищення КЕ з воскової форми з використанням лимонної кислоти.

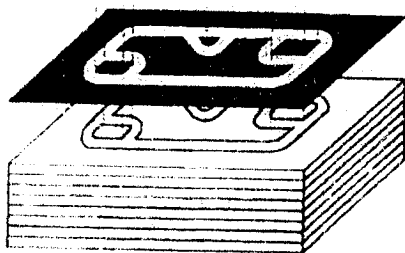


Рис. 11.6. Метод основного термічного впливу (SGC)

11.2.5. Спосіб моделювання оплавленням (FDM)

Формоутворення деталі відбувається за допомогою експозиції, а через нагрівальне сопло відбувається розтоплення вихідного матеріалу. Намотаний на котушку матеріал підводиться до сопла, що керується від координатного механізму. Дріт знаходиться в стані, близькому до температури плавлення. Розплавлений в камері матеріал буде видавлюватись на платформу носія, перш за все на попередній шар, причому відстань між вершиною форсунки сприяє одержанню необхідного профілю виробу (рис. 11.7).

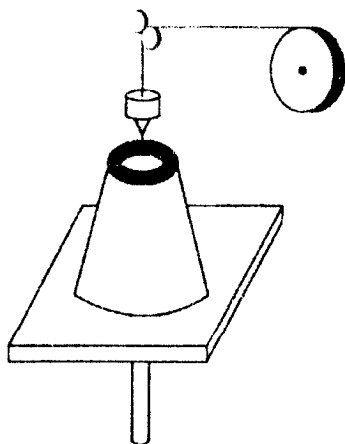


Рис. 11.7. Способи моделювання оплавленням (FDM)

В загальному випадку товщина шару складає від 0,025 мм до 1,25 мм, а товщина стінки – між 0,22 мм і 6 мм. Після закінчення формування шару платформа носія опускається, і виконують наступний шар. Для укріплення побудованої шарами деталі використовують при необхідності опорні конструкції з картону, полістиролу та ін. Матеріали, що використовуються, – термопласти, віск, метали.

11.2.6. Способи трикоординатного друку (3D-Printing або TDP)

Спосіб, що базується на принципі TDP, схожий на SLS: зерна розплавляються, і вихідний матеріал за допомогою рідкого в'язучого з'єднується в одне ціле. Зв'язок зерен відбувається під дією інжектора розтоплювального сопла, який керується від XY-даних про шар, одержаних при комп'ютерному розрахунку пошарової моделі. При цьому способі можливе виготовлення керамічних форм і форм для точного литва (рис. 11.8).

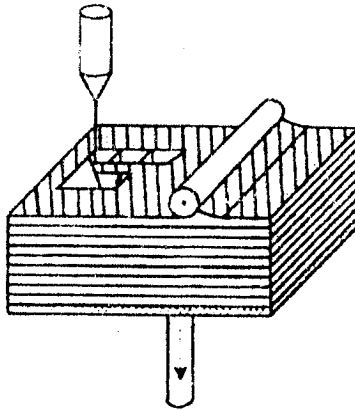


Рис. 11.8. Принцип трикоординатного друку (3D-Printing)

11.2.7. Спосіб багатозафазного відведення струменя (MJS)

Оброблюваний матеріал нагрівається в камері розтоплення до температури плавлення і пропускається через форсунку. Керування температурою узгоджується при цьому так, щоб розплавлений матеріал покривав поверхню необхідним шаром. Принцип роботи MJS-способу показано на рис. 11.9.

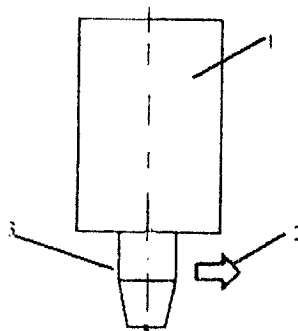


Рис. 11.9. Схематичне зображення MJS-способу: 1 – камера розтоплення; 2 – рух; 3 – зміна системи форсунки

Спосіб базується на утворенні шару за допомогою системи форсунки, що розподіляє розплавлений матеріал по поверхні. Є схожість зі способом *FDM*. Суттєва різниця – подача вихідного матеріалу і сам вихідний матеріал.

При *MJS*-способі прототипи *KE* виготовляються із низькоплавких металевих сплавів, а також з високоякісної сталі, титану, кераміки внаслідок обробки порошкоподібних сумішей. В кожному випадку матеріал, що обробляється, нагрівається до температури, близької до температури ліквідації, і, керований комп'ютером, через форсунку виливається. Матеріал охолоджується протягом декількох секунд. Коли матеріал ще гарячий, він розтоплює попередній шар і, таким чином, здійснюється зв'язок між шарами.

При виготовленні *KE* з низькоплавких матеріалів виробом можна користуватись відразу. При обробці порошкоподібних матеріалів при виїмці *KE* його необхідно додатково обробляти. Обробка порошкоподібних матеріалів знаходить використання при обробці сплавів з високоплавких і керамічних матеріалів (температура плавлення – 1300 °С).

11.2.8. Спосіб виготовлення моделей з використанням балістики (*BPM*)

Базується на принципі чорнильного пристрою друкування. Формоутворення пошаровим нарощуванням здійснюється за рахунок того, що окремі маленькі крапельки термопластичного матеріалу, вилітаючи з “друкувальної” головки, застигають в необхідному місці спочатку підтримуючої платформи, а потім – попереднього шару виробу. Установки різних фірм відрізняються кількістю “друкувальних” головок (від 2-х до 5-ти), що використовуються. В останньому випадку відпадає необхідність використання підтримуючих конструкцій.

Способи, що розглядаються, не вичерпують того арсеналу *RP*-технологій, який вже є. Ведуться інтенсивні пошуки нових варіантів, комбінування способів, що вже зарекомендували себе, нових матеріалів та сплавів тощо.

11.3. Виготовлення типових поверхонь та деталей технологічної оснастки електроерозійним методом

Можливість методу електроерозійної обробки виконувати операції при обробці твердих сплавів і загартованих сталей простим інструментом (дротом, мідним електродом) з одержання високої точності (до 1 мм) і низькою шорсткістю (до $R_a \leq 0,14$ мм) робить його одним з найбільш ефективних методів при виготовленні багатьох видів оснастки і в тому числі різального інструмента [7].

11.3.1. Прошивання отворів

Операції прошивання отворів є найбільш розповсюдженими. Їх використовують в твердосплавних пластинах під елементи кріплення, для одержання отворів для подачі МОР, для видалення зі сталей уламків різних інструментів (мітчиків, свердел та ін.). В цих випадках операції прошивання виконуються при режимах найбільшої продуктивності без пред'явлення вимог до якості та точності оброблених отворів.

Типові операції характеризуються наступними особливостями:

– для прошивання отворів діаметром $d \geq 1$ мм і глибиною не більше $12d$ особливих прийомів не потрібно;

– для прошивання отворів $d \geq 1$ мм і глибиною більше $12d$ необхідні напрямні втулки і прокачування робочої рідини;

– для прошивання отворів малого діаметра $d < 1$ мм потрібно стабілізувати положення електроду за допомогою кондуктора (необхідне також, але ускладнене, прокачування рідини із за малого діаметра електрода-інструмента);

– для прошивання некруглих отворів, пазів (необхідно приділити особливу увагу виготовленню електрода-інструмента, який часто має складну форму і високу точність розмірів перерізів);

– для прошивання отворів і пазів з криволінійною віссю приходится ретельно розраховувати подачі електрода-інструмента по заданій траєкторії, наприклад, по колу.

Всі види деталей можуть оброблятися в одно- і багатомісних пристосуваннях одним або декількома електродами-інструментами.

При видаленні уламків інструмента підбирається технологічний процес з врахуванням габаритних розмірів і маси деталі. Якщо вони перевищують встановлені для даного верстата, то обробку ведуть виносною головкою типу робочої головки радіального верстата, а ванну виготовляють з пластиліну або гумової присоски. Для видалення уламків звичайно використовують схему прямого копіювання одним електродом-інструментом з міді, латуні, алюмінію або його сплавів. Розрахунки шорсткості, товщини зміненого шару, точності не проводяться.

Після прошивання отвору залишені, не зв'язані між собою частини мітчиків або свердел легко видаляються з деталі. Якщо видаляють зломлену частину шпильки або болта з різцевого отвору, то в ній прошивають квадратне або шестикутне заглиблення. За рахунок зношування електрода-інструмента воно буде мати кут нахилу бокових стінок в межах 2–6°. У заглиблення, що одержали, вставляють спеціальний ключ з робочою частиною, оберненою формі заглиблення, і вивертають уламок, поновлюючи деталь.

Електроерозійний спосіб видалення уламків інструмента і кріплення дозволяє усунути брак деталей на заключних операціях технологічного процесу, виключити необхідність відпапу, який використовують для зменшення твердості матеріалу інструмента.

Прошивання циліндричних отворів невеликої глибини найчастіше використовують при виготовленні деталей з важкооброблюваних матеріалів (наприклад, твердих, магнітних, жароміцних сплавів), а також загартованих деталей, термічний відпуск яких недоцільний. За кресленням деталі визначають можливість одержання отвору без наступної калібрувальної операції. Якщо це допустимо, то проводять розрахунки режимів обробки виходячи з умов одержання необхідної шорсткості. По номограмах або залежностях знаходять значення енергії імпульсів A_i , при якому отримується задана висота нерівностей.

Потім вибирають матеріал електрода-інструмента. Для загартованих сталей, для жароміцних, твердих і титанових

сплавів можна використовувати графітові композиції, для жароміцних сплавів і сталей – мідь, а для титану – латунь. Проте електроди-інструменти діаметром до 4–5 мм з графітових композицій використовують рідко із-за їх крихкості та низької міцності. Електроди-інструменти роблять звичайно суцільними без зміни розміру по довжині.

Електрод-інструмент повинен бути виготовлений з точністю на 1–2 квалітети вище, ніж оброблюваний отвір. Для підвищення точності розмірів отвору прокачують або відсмоктують робочу рідину із зони обробки. На основі розрахунків і вибраних схем розробляють робочі креслення пристосування, електродів-інструментів, вибирають тип верстата.

Операції електроерозійного прошивання отворів включають наступні переходи: установку пристосування на верстат і його контроль; установку електрода-інструмента в електродотримач і контроль його положення; виставлення розрахункових режимів обробки; обробку отвору; контроль прошитого отвору.

При прошиванні глибоких циліндричних отворів основна задача полягає в підтримці процесу та його інтенсифікації при значному заглибленні електрода-інструмента в заготовку, коли умова евакуації продуктів обробки ускладнена. Крім того, швидкість заглиблення електрода-інструмента різко зменшується із-за його вібрації, що викликає пропуски розрядів і нестабільність процесу.

За даними креслення встановлюють можливість одержання необхідних точності та якості поверхні отвору, проводять порівняльні аналізи часу для різних варіантів виготовлення деталі (з використанням електроерозійної або механічної обробки). Наприклад, щоб одержати в жароміцних сплавах отвору за 6–8-им квалітетом з відношенням довжини до діаметра $L/d = 20–25$, доцільно спочатку виконати електроерозійне прошивання, а потім – розгортання механічним інструментом. При такому поєднанні зменшуються вимоги до електрода-інструмента в пристосуваннях можна одночасно обробляти відразу декілька отворів.

При великій глибині отвору ($L/d > 25$) приходиться виконувати їх за декілька ходів, збільшуючи діаметр електрода-інструмента. У всіх випадках необхідне прокачування або відсмоктування робочої рідини. Для глибоких отворів необхідно

використовувати верстати з автоматичним виведенням електрода-інструмента (релаксацією) з отвору для очищення його від продуктів обробки.

Конструкція електрода-інструмента залежить від розмірів отвору, їх точності, якості поверхні. Для отворів з відношенням довжини до діаметра $L/d \leq 20$ ($d \leq 5$ мм) можна використовувати суцільний стрижень, проте в міру заглиблення продуктивність обробки зменшується на 10–15 % від початкової. Необхідність періодичного виведення стрижня з отвору ще більше збільшує час прошивання, а при $L/d \leq 20$ робить операцію економічно не вигідною. З іншого боку, при використанні суцільного електрода-інструмента підвищується стабільність процесу, оскільки забезпечується велика жорсткість стрижня і не утворюється kern на заготовці.

При $L/d \leq 20$ приходиться використовувати електроди-інструменти у вигляді трубок з міді, латуні, графітових матеріалів. Ця конструкція має меншу жорсткість, в середині трубки утворюється kern із незнятого матеріалу, що порушує стабільність процесу. Але наявність отвору дозволяє без перешкод прокачувати або відсмоктувати робочу рідину, скоротити час обробки за рахунок усунення періодичного виведення інструмента із заглиблення. Таким електродом-інструментом вдається прошивати отвори з $L/d = 20$, причому ж із збільшенням діаметра це співвідношення зростає.

Для одержання отворів з $L/d > 20$ необхідно видалити kern, який залишається на заготовці в середині трубчастого електрода-інструмента.

Для цього використовують як інструмент трубку 1, в середині якої вставлена деталь 2 з нарізаним спіральним каналом (рис. 11.10, а). Робоча рідина підводиться через канал. Обертання електрода-інструмента при цьому не обов'язкове. Замість нарізної деталі можна вставляти в трубку пластинку (рис. 11.10, б) або квадратний стрижень (рис. 11.10, в). При цьому необхідно обернути електрод-інструмент.

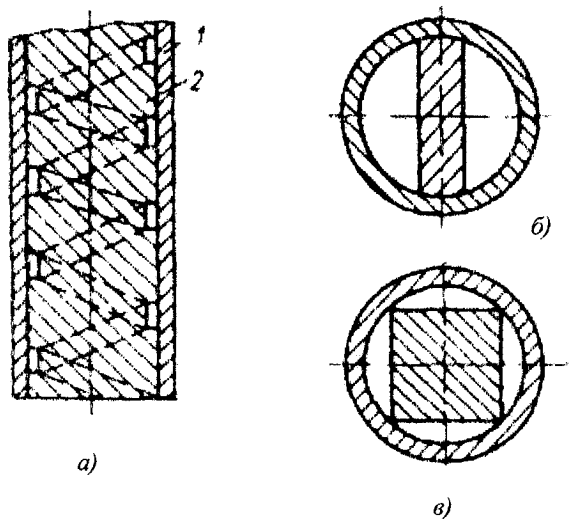


Рис. 11.10. Схема трубчастого електрода-інструмента з елементом, що запобігає утворенню керна при прошиванні отворів

Отвори діаметром $d < 1$ мм виконують в матрицях, штампах, форсунках тощо.

При діаметрі $d < 0,6-0,7$ мм використовують суцільні електроди з латунного або вольфрамового дроту 1 (рис. 11.11).

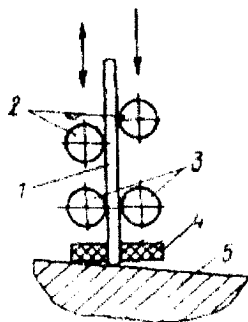


Рис. 11.11. Схема подачі дроту при прошиванні отворів діаметром менше 0,1 мм

Їх подають через кондукторні втулки 4 з рубіну або інших твердих діелектриків. Дріт до заготовки 5 переміщається подаючими роликами 3. Ролики 2 служать для правки електрода-інструмента. Крім того, перед обробкою дріт правлять, розтягуючи його на спеціальному пристосуванні. Дроту надають вібрацію вздовж осі, за рахунок чого одержують можливість стабільно прошивати отвори на велику глибину (до $L/d = 10-15$).

Для отворів діаметром до $d < 0,1$ мм як електрод-інструмент використовують вольфрамовий дріт 3, покритий шаром міді 2 (рис. 11.12, а).

Таке покриття підвищує жорсткість електрода-інструмента, полегшує підведення струму. Шар міді на західній частині електрода-інструмента стравлюють на конус. Для цього його занурюють у ванну з розчином травлення і виймають з постійною швидкістю. За рахунок великого часу перебування у ванні кінця дроту утворюється конус, довжина якого не повинна перевищувати 5-6 діаметрів.

Обробку отворів малого діаметра виконують в наступній послідовності:

1. Електрод-інструмент встановлюють в електродержаку так, щоб його західна частина була направлена в сторону заготовки, контролюють вихід дроту.

2. Вивіряють точність установки електрода-інструмента.

3. Встановлюють на верстат пристосування з кондукторною втулкою.

4. Виставляють на верстаті режими обробки (енергія імпульсу не повинна перевищувати 12 мк/Дж): якщо товщина заготовки менша 1 мм, то операцію виконують за один прохід на чистових режимах, при великій товщині необхідно використовувати два проходи – чорновий і чистовий; зношування електрода-інструмента досягає 60-70 % від об'єму знятого металу.

5. Встановлюють заготовку.

6. Вмикають вібрацію дроту вздовж осі.

7. Обробляють отвір, одержуючи в заготовці однозахідний конус (рис. 11.12, а).

8. Стравлюють електрохімічним способом кінець електрода до дроту на довжину $h = (2-2,5)h_1$, де h_1 – довжина непрошитої ділянки заготовки (рис. 11.12, б).

9. Прошивають отвір на повну глибину і калібрують його куском дроту, що немає покриття.

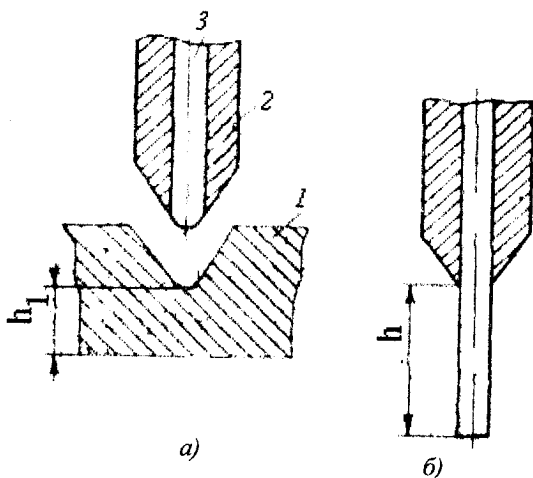


Рис. 11.12. Схема електрода-інструмента для одержання отворів діаметром менше 0,1 мм

Вхідна ділянка отвору має на вході фаску або конус. Висоту та кут розкриття конуса регулюють зміною кута конусу на електроді-інструменті та глибиною прошивання західної ділянки.

Операції прошивання малих отворів виконують на автоматичних верстатах одночасно декількома електродами-інструментами. Похибки форми таких отворів не перевищують декількох мікрометрів, шорсткість поверхонь для отворів діаметром до 0,1 мм складає $R_a = 0,16-0,32$ мкм, при великих діаметрах $R_z = 10-30$ мкм. Похибка міжосьової відстані не перевищує 5 мкм. Час обробки отвору діаметром $d = 0,02-0,04$ мм біля 120 с, що в 3-6 разів менше, ніж при свердлуванні.

За рахунок зменшення зусиль, що діють на електрод-інструмент, усувається скривлення осей отворів, що дозволяє зменшити брак деталей, який при свердлуванні досягає 30-40 %.

Прошивання некруглих отворів здійснюється за різними схемами в залежності від технологічних можливостей обладнання, що використовується. Найбільш удосконалені електроерозійні верстати дозволяють електродами-інструментами простої форми одержувати отвори різних форм за рахунок придання електродам в процесі обробки складних формоутворюючих рухів. Ці рухи, як правило, визначені для системи ЧПК верстата як типові стандартні цикли, програмування яких здійснюється достатньо просто за декількома базовими параметрами (як підпрограм в основній КП).

Розглянемо деякі схеми прошивання, характерні для таких електроерозійних верстатів.

В найпростішій (вихідній) схемі (рис. 11.13, *а*) електроду надається тільки поступальний рух. Оброблений отвір буде мати форму використаного електроду. Цьому електроду додатково можуть бути надані робочі рухи по будь-якій з осей в площині (рис. 11.13, *б*), що призведе вже до обробки отвору по формі більш складній, ніж форма електроду.

Рух електрода-інструмента по циклу конуса дозволяє одержувати отвори різної форми з прямою та зворотною конусністю (рис. 11.13, *в-е*). Пластинчастим електродом при одночасному його повороті та вертикальному переміщенні (рис. 11.13, *ж*) можна обробляти отвір складної форми. Отримання отвору з внутрішньою та зовнішньою сферичними поверхнями достатньо просто здійснюється грибоквидними електродами (рис. 11.13, *з, і*). При цьому в процесі програмування не потрібне проведення складних розрахунків, оскільки підпрограма обробки даним електродом задається параметрами креслення, тобто розмірами D , h , R , A та L (рис. 11.13, *з*).

Наявність в електродів спіралеподібної траєкторії (рис. 11.13, *к*) дозволяє обробляти не тільки точні отвори, але й внутрішні канавки в них на будь-якій глибині. Природньо, що для цього повинен бути використаний і відповідний ступінчастий електрод-інструмент циліндричної форми.

Наведені приклади лише деякою мірою відображають великі технологічні можливості сучасного електроерозійного обладнання з ЧПК.

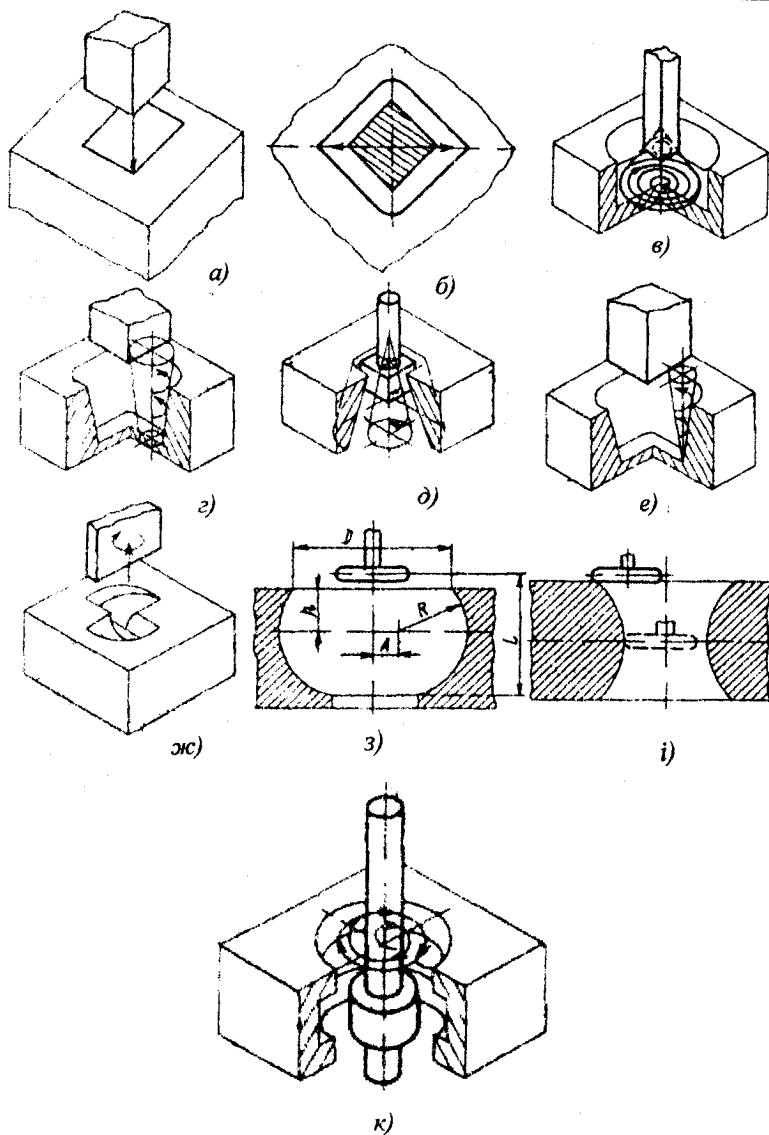


Рис. 11.13. Деякі типові машинні цикли обробки отворів різними електродами на верстатах ROBOFORM

Розрахунок технологічних режимів необхідно виконувати з врахуванням додаткових переміщень електрода-інструмента (повороту навколо осі, подачі по складній траєкторії). Швидкість прошивання змінюється в межах від 0,2 до 2 мм/хв.

Схема з поворотом електрода-інструмента і його поступальної подачі використовується також для нарізання різьби в отворах. Електрод-інструмент подається з обертанням через гайку, яка має профіль різьби, що нарізається, або за програмою системою ЧПК.

Електроерозійну обробку доцільно використовувати для виготовлення сіток, фільтрів, решіток, тонкостінних деталей сотової конструкції. Тут необхідна підвищена точність розмірів і мала шорсткість поверхні. Оскільки товщина таких деталей не перевищує декількох міліметрів, то на м'яких режимах (напруга – 40–120 В, ємність конденсаторів – до 2 мкФ, сила струму короткого замикання – 0,5–2,0 А) можна відразу одержати отвори заданої форми. При цьому форма отворів може бути практично будь-якою, що значно розширює технологічні можливості утворення хімічних апаратів, деталей радіоелектронних пристроїв тощо. Обробка таких деталей в більшості випадків виконується декількома електродами-інструментами від загального механізму подачі або пристроїв для індивідуального переміщення електродів-інструментів. Прошивання проводять за один прохід з калібруванням отвору незношеною частиною електрода-інструмента.

Матеріалом для електродів-інструментів є мідь, латунь, графітові композиції. При виготовленні дрібних сіток ширина перемичок між отворами не перевищує десятої частки міліметра, тому електрод-інструмент повинен бути жорстким і його виконують з однієї заготовки. Число одночасно прошитих отворів може досягати сотень і тисяч, проте, чим більший отвір, тим складніша евакуація продуктів обробки, і процес стає нестабільним. Найбільше це відноситься до прошивання дрібних сіток, тому використовують вібрацію електродів-інструментів і примусову прокачування або відсмоктування робочої рідини. При прошиванні отворів глибше 0,5 мм їх попередньо вирубують, залишаючи припуск під електроерозійну обробку (декілька десятих часток міліметра). Це дозволяє зберігати без

пошкодження перемички між отворами і прискорює процес електроерозійної обробки в 2–3 рази. Виготовлені сітки мають високу точність (похибки не більше 0,01 мм), малу шорсткість поверхні ($R_a = 0,32\text{--}0,05$ мкм). Продуктивність процесу за питомим зніманням $Q = 1,0\text{--}1,5$ мм³/хв.

Робочий профіль отворів в матрицях вирубних штампів (рис. 11.14, б) складається з двох ділянок: верхньої – з паралельними стінками, і нижньої – з нахилом стінок під кутом α .

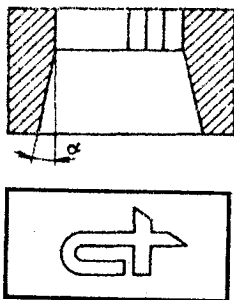


Рис. 11.14. Схема матриці вирубного штампа

Верхня ділянка необхідна для відділення частин заготовки при вирубці, її висота повинна бути достатньою для декількох переточок, в ході яких висота зменшується. Нахил потрібний для вільного видалення готових деталей.

Технологічний процес виготовлення матриці включає наступні операції:

1. Першочергово прошивають отвір з нижньої сторони матриці. Сталеві заготовки повинні бути попередньо загартовані, оскільки їх термічна обробка після прошивання отвору викликає жолоблення металу і додаткові похибки. Обробку виконують електродами-інструментами, які використовувались раніше для калібрування і тому мають менші розміри. Процес ведуть на високопродуктивних режимах. Розрахунок режиму виконуються виходячи з умови одержання поверхні без мікротріщин. При цьому враховують площу поверхні, що обробляється. Прошивання ведуть з прокачуванням або відсмоктуванням робочої рідини, з вібрацією електродів-інструментів, а в

ряді випадків – з їх періодичним виведенням з прошитої ділянки отвору (релаксацією).

Найбільший вплив на нерівномірність зазорів, а отже, і на пвтворення розмірів впливає швидкість прокачування робочої рідини і розміщення отворів для її подачі в робочу зону.

2. Відкритий отвір калібрують новим електродом-інструментом з протилежного боку. Для цього використовують м'які режими, які розраховують виходячи з умови одержання необхідної шорсткості. Для зберігання точності профілю отвору не потрібно використовувати вібрацію електродів-інструментів.

3. Доводять профіль отвору для одержання шорсткості верхньої ділянки $R_a = 0,5-1,0$ мкм, нижнього – $R_a = 2,0-3,0$ мкм. Припуск на цю операцію повинен складати не більше 0,015 мм. Матриці можуть бути сталевими або твердосплавними. В твердосплавних матрицях при грубих режимах можливе утворення тріщин. Тому обробку ведуть на м'яких режимах. Доведення таких матриць можна не проводити, оскільки самі деталі, що виробуються, швидко видаляють нерівності стінок отвору, не порушуючи точності профілю.

Якщо при прошиванні використовують кондуктор, то електрод-інструмент з'єднують зі шпинделем верстата плаваючим шарнірним пристроєм, що дозволяє йому вільно самовстановлюватись по кондуктору.

До особливостей електроерозійного прошивання висадочних матриць, що використовуються для виготовлення гвинтів, заклепок та інших деталей, необхідно віднести такі:

- при виготовленні сталевих матриць до електроерозійної обробки необхідно передбачити загартування;
- в сталевих заготовках розкривання отворів проводити механічним інструментом;
- остаточну обробку циліндричних ділянок виконують з обертанням електрода-інструмента;
- для одержання високої точності взаємного розміщення ділянок отвору чистову обробку бажано виконувати комбінованим електродом-інструментом з базуванням на остаточну оброблену циліндричну ділянку (якщо вона є в конструкції).

Прошивання з'єднувальних каналів в різних деталях важко виконувати відомими методами механічної обробки. Якщо фор-

ма поперечного перерізу каналу некругла, то його можна одержати тільки з використанням електричних методів, зокрема електроерозійним прошиванням. Для здійснення операції необхідно, щоб розмір L_1 одного із заглиблень (рис. 11.15) і довжина L_p робочої частини інструмента були більшою за товщину L_2 стінки, в якій необхідно прошивати канал. Загальну довжину L_i електрода-інструмента розраховують за залежністю: $L_i = L_e + L_p$, де L_e – розмір електротримача (його визначають з умови зберігання жорсткості консольної частини електротримача); $L_p = kL_2$ (k – коефіцієнт, що враховує довжину електрода-інструмента, необхідну для калібрування каналу; в залежності від вимог точності $k = 1,2-2,5$). Проте у всіх випадках необхідно, щоб виконувалась умова: $L_p \leq L_2 + L_3$.

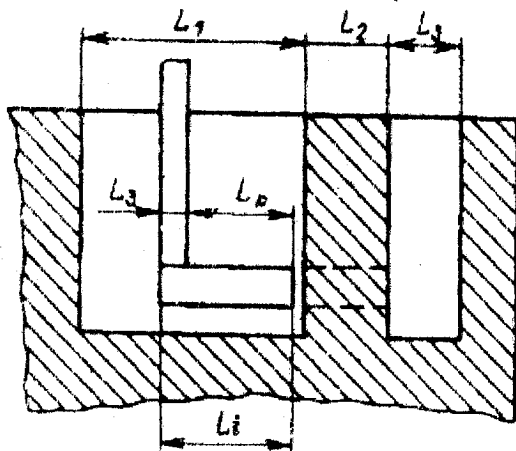


Рис. 11.15. Схема прошивання отвору по радіусу (а) і зворотного копіювання (б)

В іншому випадку необхідно використовувати електрод-інструмент з висувним робочим елементом. Електроди-інструменти часто виготовляють з графітових матеріалів на металооброблювальних верстатах. Для великих каналів використовують пустотілі мідні електроди-інструменти. Прошивання каналів в малих деталях проводять на універсальних верстатах. Якщо деталі мають великі габаритні розміри, то викорис-

товують спеціальні верстати з робочою подачею, придатною до розкривання каналу.

На практиці інколи виникає необхідність з'єднати деякі ділянки деталі отвором, що має криволінійну вісь (наприклад, при виконанні мастильних каналів у корпусах). Без використання електричних методів такі отвори одержують свердлуванням окремих прямолінійних ділянок і з'єднанням їх технологічними отворами, кінці яких заглушують. Така конструкція нетехнологічна, не завжди забезпечує герметичність, при цьому зменшується міцність деталі. Для виконання цієї операції електроерозійним методом беруть зігнутий по радіусу R електрод-інструмент і прошивають з одного отвору в другий прохідний канал (рис. 11.16, а).

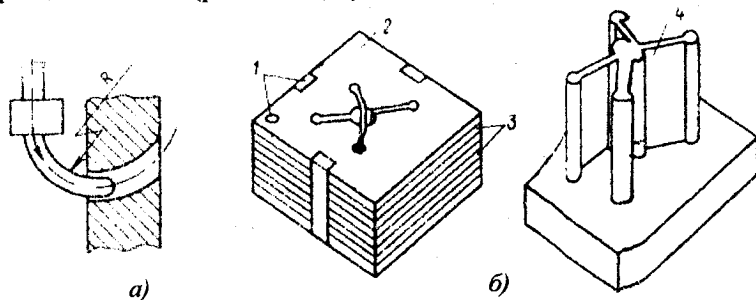


Рис. 11.16. Схема прошивання отвору по радіусу (а)
і зворотного копіювання (б)

При розробці технологічного процесу необхідно врахувати наступне:

- електрод-інструмент повинен мати не лінійну, а кутову подачу. Для цього використовують спеціальні пристосування в яких поступальне переміщення шпинделя перетворюється в кутове;

- жорсткість електрода-інструмента повинна бути достатньою, щоб не відбувалося коротких замикань між його боковими поверхнями і обробленою ділянкою;

- як матеріал для електрода-інструмента бажано використовувати вольфрамові, молібденові, мідні сплави.

11.3.2. Прошивання зовнішніх поверхонь

Для одержання зовнішніх поверхонь складного профілю, виконання якого неможливе (наприклад, пуансони вирубних штампів), використовують метод зворотного копіювання. В цьому випадку електрод-інструмент 2 (рис. 11.16, б) виконують з окремих елементів 3, з'єднаних за допомогою штифтів або вкладишів 1.

Елементи взаємозамінні і в міру зношування їх замінюють на нові. Якщо обробляють пуансон 4, то як електрод-інструмент можна використовувати відходи, які одержали після вирубки деталей. Такі відходи повторяють фактичний профіль матриці і дозволяють одержати на робочому пуансоні його точну копію із зберіганням рівномірного зазору між різальними частинами штампа. Товщину електрода-інструмента вибирають в залежності від розмірів ділянки, що обробляється, але не більше 60–70 % його довжини. При великій товщині ускладнюється видалення продуктів обробки з міжелектродного проміжку, знижується продуктивність та точність процесу.

До технологічного процесу входить:

- установка електрода-інструмента і заготовки на верстаті та закріплення в необхідному для обробки положенні;
- задання розрахункового режиму обробки;
- попереднє прошивання поверхні на розрахункову довжину;
- заміна зношених елементів електрода-інструмента на нові (при цьому необхідно зберегти установочні бази, а також бажано зменшити загальну товщину блока);
- установка калібрувального електрода-інструмента на верстаті;
- коригування режимів обробки;
- чистова обробка.

11.3.3. Прошивання площин

До операцій прошивання площин відноситься маркування деталей, яке є процесом нанесення цифр, букв, позначень та іншої інформації.

Глибина знаку, що наноситься, не перевищує 1 мм, а в більшості випадків складає 0,1–0,3 мм. Електроерозійний метод маркування дозволяє уникнути зусиль, що викликають деформацію та сколи деталі, усунути зони концентрацій напруг, що викликають зниження опору втомлюваності матеріалу, а також виключити наступне зачищення місць маркування від металу, який видавлюється із заглиблення.

При розробці технології маркування деталей необхідно враховувати, що: операцію виконують за один хід інструмента; оскільки ширина штрихів незначна, недоцільно використовувати зворотню-поступальні переміщення електрода-інструмента або прокачування робочої рідини (для прискорення процесу в деяких випадках використовують вібрацію електрода-інструмента); електроерозійне маркування можна проводити як до загартування заготовки, так і після неї; операцію нанесення інформації виконують за багатоелектродною схемою відразу для всього напису незалежно від числа знаків; для маркування вибирають або розробляють установки переносного типу з виносними головками, що дозволяють виконувати операцію на великих деталях.

Електроди-інструменти виготовляють з міді та латуні протягуванням через фільтри, що мають форми цифр, букв та інших позначень. На рис. 11.17, а показані електроди-інструменти 1–3 для маркування цифр. Вони закріплені в касеті 4, що дозволяє одночасно наносити всю необхідну інформацію. Електроди-інструменти, призначені для маркування криволінійних поверхонь, повинні бути оброблені з робочої сторони по радіусу кривизни. Таку операцію часто виконують за рахунок зношування електродів-інструментів при маркуванні макетних деталей.

Час нанесення інформації з глибиною до 0,15 мм складає декілька десятків секунд, при значній глибині (до 1,5 мм) час обробки досягає 10–15 хв, але у всіх випадках трудомісткість електроерозійного маркування значно нижча, ніж ударного. Для глибокого маркування використовують електроди-інструменти з графітових матеріалів, на яких простіше одержати рисунок, обернений тому, що наноситься на заготовку. Якщо площа таких поверхонь перевищує декілька квадратних сантиметрів, то необхідно передбачити прокачування робочої рідини.

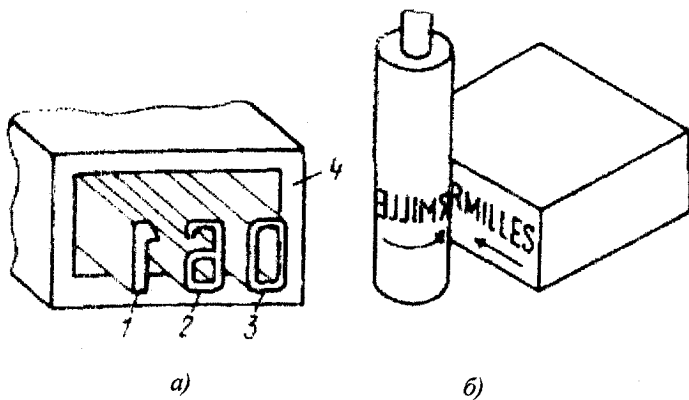


Рис. 11.17. Схема маркування: а – цифрами;
б – знаками з векторною схемою руху

Нанесення фасонних заглиблень на деталі здійснюють на серійних верстатах електродами-інструментами з графітових матеріалів. Заготовки для таких деталей виготовляють з вибіленого чавуну або конструкційних сталей з наступним наплавленням на зовнішню поверхню твердих матеріалів. Технологія виготовлення заглиблення близька до технології маркування. Однією з особливостей є необхідність повороту заготовок для одержання необхідного профілю на всій зовнішній поверхні циліндричної заготовки.

Обробка більшості порожнин кувальних штампів, форм механічними методами малопродуктивна і дорога. Електроерозійна обробка відбувається при поступовому переміщенні зі швидкістю V_i електрода-інструмента до деталі (рис. 11.18). Форма заглиблення в заготовці 2 з деяким наближенням повторяє зовнішню поверхню електрода-інструмента 1. Операція проводиться з прокачуванням робочої рідини через систему отворів 3. Для чистових операцій необхідно визначити справжній розмір зазорів і на основі цих даних розрахувати електрод-інструмент.

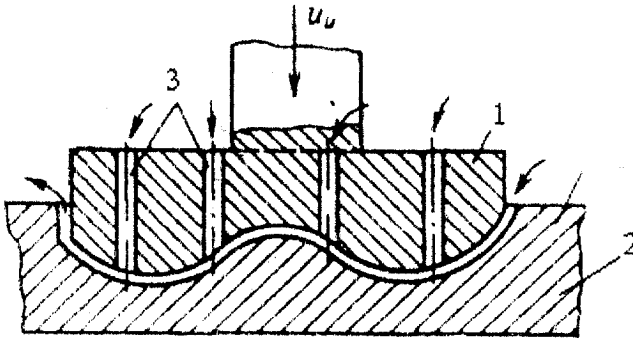


Рис. 11.18. Схема обробки об'ємної порожнини

При проектуванні технологічного процесу необхідно враховувати такі особливості:

- швидкість електроерозійної обробки практично не залежить від твердості матеріалу, тому формоутворення порожнини доцільно виконувати після загартування заготовки;

- перед загартуванням бажано видалити основну частину припуску механічним методом, тоді можна відмовитись від чорнової електроерозійної обробки і відразу ж виконувати прошивання чистовим електродом-інструментом;

- для великих штампів та інших деталей використовують багатоконтурні схеми; для цього електроди-інструменти виготовляють з окремих ізольованих одна від одної секцій, в місцях розподілу електрода-інструмента на секції на деталі виникають невеликі виступи (висотою до 2 мм), які легко видалити після прошивання порожнини (можна також повідомляти електроду-інструменту вібрацію перпендикулярно до напрямку подачі).

Шорсткість поверхні на фінішних операціях досягає $R_a = 1-5$ мкм для сталей і $R_a = 0,5-3$ мкм для твердих сплавів. При прошиванні порожнин в сталевих заготовках зношування графітових електродів-інструментів складає на чорнових операціях 0,1–0,3 %, на чистових – 0,5–1,2 % від об'єму видаленого металу, а зношування мідних інструментів в 3–4 рази вище. Для виготовлення графітових електродів-інструментів складної форми використовують гальванопластику по моделях. Похибка про-

філю деталі не перевищує 0,1 мм. Для цього необхідно мати електрод-інструмент з похибкою розмірів в межах 0,03 мм.

Для більшості кувальних штамів остаточну форму порожнин одержують без наступного доведення або з мінімальним обсягом обробних операцій. Для ливарних форм похибка профілю не повинна перевищувати 0,05 мм, а шорсткість повинна бути $R_a = 0,5-3$ мкм. Тут необхідно передбачити обробні операції (полірування, притирання). Припуск на обробку складає 0,05–0,1 мм. Форма нерівностей після електроерозійної обробки дозволяє вести доведення поверхні абразивним порошком в будь-якому напрямку.

В основному на собівартість деталей, що мають порожнини, впливає висока трудомісткість виготовлення та доведення електрода-інструмента, яка зменшується при підвищенні серійності оброблюваних заготовок. Вважається, що електроерозійна обробка економічно ефективніша, якщо кожного року випускається не менше 5–6 однакових штамів або форм. При оцінці техніко-економічних показників електроерозійної обробки необхідно враховувати появу зовнішнього загартованого шару, який підвищує зносостійкість штамів і форм в 1,5–2 рази.

11.3.4. Виготовлення деталей непрофільованим електродом

Вирубні штампи виготовляють з твердих сплавів або загартованих сталей. Вартість виробництва твердосплавних штамів значно вища, тому попередньо необхідно економічно обґрунтувати доцільність використання даної марки матеріалу. Досвід показує, що для малих деталей з тонкого листа (товщина $h \leq 0,5$ мм) твердосплавні штампи рентабельні, якщо програма випуску перевищує 500–600 тисяч деталей на рік. Конструкції деталей твердосплавних штамів повинні відрізнятися підвищеною жорсткістю та точністю. Навіть незначні зазори між рухомими частинами можуть викликати дотик крихких твердосплавних робочих кромок та їх поломку.

Перед початком проектування технологічного процесу необхідно мати наступну вихідну інформацію:

- 1) креслення деталі, що вирубується;
- 2) програму випуску;

- 3) техніко-економічне обґрунтування вибору матеріалу для робочих частин штампа;
- 4) креслення штампа.

Технологічний процес включає вибір заготовок, їх обробку, розрахунки режимів, проектування копіру або складання програми, виготовлення копіру і деталей штампа, його збирання та випробовування.

Розглянемо найбільш характерні приклади електроерозійного вирізання твердосплавних заготовок.

1. Прошивання трубчастим електродом ведеться за схемою, наведеною на рис. 11.19, а. З циліндричної заготовки 1 необхідно одержати ступінчасту деталь (форма деталі показана штриховою лінією). Виконати необхідний профіль можна використовуючи пустотілий електрод-інструмент 2. Для зниження конусності на внутрішню поверхню електрода-інструмента 2 наносять діелектричне покриття 3. Після прошивання поверхню шліфують абразивним інструментом, інколи з накладенням електричного струму.

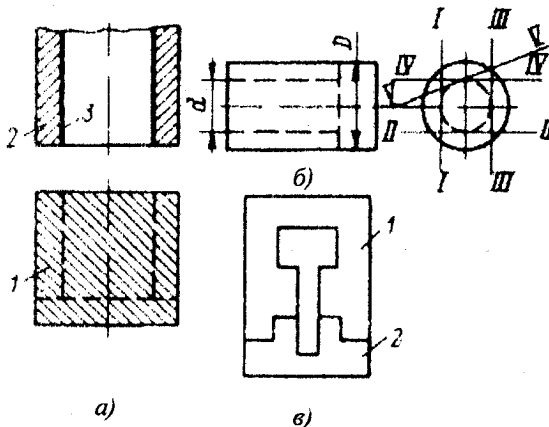


Рис. 11.19. Схема одержання вирубних штамів

2. Різання дротяним електродом показано схематично на рис. 11.19, б. З циліндричної заготовки діаметром D необхідно видалити частину матеріалу і одержати ступінь з діаметром d . В

першу чергу на відстані $d/2$ від центра прорізають паз I–I, потім заготовку повертають і виготовляють паз II–II. І так послідовно, прорізаючи пази III–III, IV–IV, V–V і далі, видаляють основний припуск матеріалу, після чого заготовку шліфують аналогічно п. 1.

3. Великі твердосплавні заготовки пуансона або матриці інколи виготовляють складеними. На рис. 11.19, *в* показана матриця, виготовлена з двох частин: 1 та 2. Кожна частина вирізана окремо, а потім зістикована. Складові заготовки запресовують в обойми. Місця з'єднання частин вибирають так, щоб в процесі запресування не викривлявся робочий контур.

Основним розрахунком режиму обробки є параметри шорсткості. Якщо необхідну шорсткість робочих елементів штампа не можна або не вигідно одержати електроерозійним методом, то розрахунковим критерієм вважають економічно досягнуту шорсткість і включають в технологічний процес доводку поверхні до необхідної висоти нерівностей. Досвід показує, що при електроерозійній обробці твердосплавних штампів необхідно орієнтуватися на шорсткість $R_a = 0,63\text{--}1,25$ мкм, сталевих штампів – $R_a = 1,5\text{--}3,0$ мкм. Тоді трудомісткість операцій доведення до $R_a = 0,3\text{--}0,5$ мкм не перевищує 60 % трудомісткості обробки робочого профілю непрофільованим електродом. Використання електроерозійного вирізання непрофільованим електродом дозволяє одержати якісне спряження при мінімальному числі слюсарних операцій.

Відомо декілька варіантів спряження.

1. Якщо товщина деталі, що вирубається, складає декілька міліметрів, то можна з однієї заготовки одночасно одержувати робочий контур пуансона і матриці, розрізаючи її тонким дротом. Зазор між ними дорівнює ширині паза, що розрізається. Серйозні труднощі викликають прошивання отворів для введення дроту і зберігання точності спряження після доведення профілю.

2. При використанні зворотного копіра, профіль якого має форму, обернену робочому контуру матриці, матриця 1 служить як копій (рис. 11.20, *а*). По ній непрофільованим дротяним електродом 2 з листової заготовки вирізають контркопій 3.

Різниця розмірів матриці та контркопіра постійна по периметру і дорівнює сумі діаметра дроту і міжелектродного зазору.

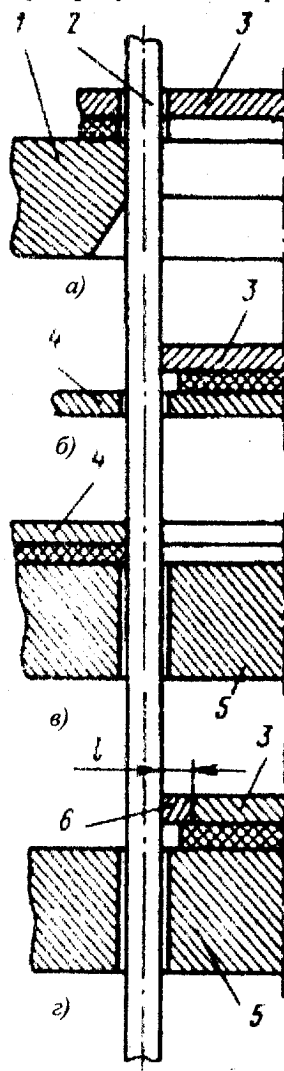


Рис. 11.20. Схема вирізання елементів штампів з використанням копіїв

Потім на тому ж верстаті дротом 2 більшого діаметра (рис. 11.30, б) по контркопіру 3 вирізають робочий копій 4. Після цієї операції контур матриці повністю переноситься на копій. По ньому виконують пуансон 5 (рис. 11.20, в). Для зберігання взаємного положення спряжених поверхонь на матрицю контркопіра, робчий копій і пуансон наносять мітки, по яких в подальшому збирають штампи.

3. На контркопір 3 (рис. 11.20, з) наносять шари нікелю 6. Щоб шар був рівномірним, його накладають хімічним методом. Після цього по контркопіру 3 вирізають дротом 1 пуансон 5. Шар нікелю товщиною l наносять з врахуванням діаметра дроту, який використовували при вирізанні контркопіру, міжелектродного зазору, припуску на доводку пуансона та зазору між спряженими поверхнями. Діаметр дроту необхідно брати мінімально можливим, тоді товщина шару не перевищує 0,15 мм.

4. По готовій матриці вирубують деталі, що використовують як копій. Для цього слюсарно-механічним способом з незагартованої сталі виконують технологічний пуансон 1 (рис. 11.21, а) з розмірами, що перевищують розміри матриці 3 на величину зазору. Потім під пресом вдавлюють пуансон в матрицю, одержуючи коротку ділянку 2, що повторює фактичний профіль матриці. Цю частину деталі з листового матеріалу 4 (рис. 11.21, б) використовують як копій.

5. Спряження виконують по копійу з легкоплавкого сплаву, отриманого zalиванням в матрицю.

6. Обробка комплекта пуансон-матриця на верстаті з ЧПК за єдиною програмою з використанням корекції можлива при наявності обладнання відповідного рівня. Таке обладнання повинно забезпечити підвищену точність обробки, малу шорсткість поверхні та достатню продуктивність. Як приклад на рис. 11.22 показане складення з п'яти взаємозв'язаних елементів складного профілю, кожен з яких отримали на електроерозійному вирізному верстаті без додаткового механічного доведення. Чистова обробка елементів виконувалась дротом діаметром 0,02 мм на відповідних режимах, що забезпечують точність та шорсткість і одержання зазорів у з'єднанні в межах 5–8 мкм.

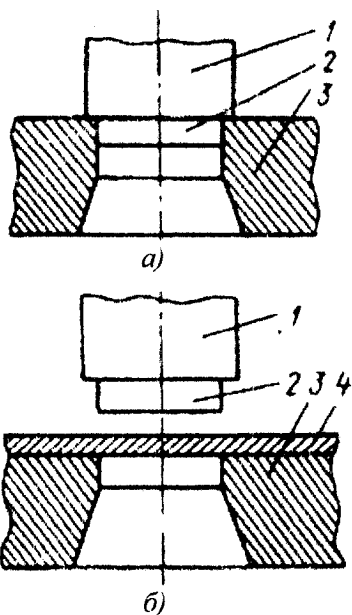


Рис. 11.21. Схема одержання елементів штампa по готовій матриці

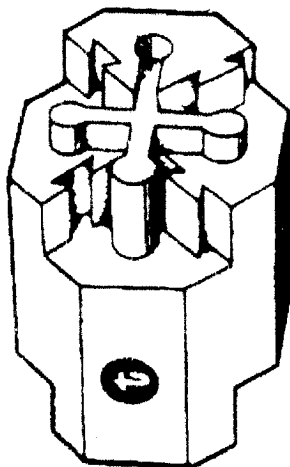


Рис 11.22. Загальний вигляд складного зібраного елемента, взаємозамінні частини якого одержали на електроерозійному верстаті

Верстати подібного класу відкривають широкі перспективи у виробництві вирубних штампів та інших виробів. Нахилом дроту при нарізанні в двох площинах можна вирізати на верстатах складні профілі, як зовнішні, так і внутрішні (рис. 11.23).

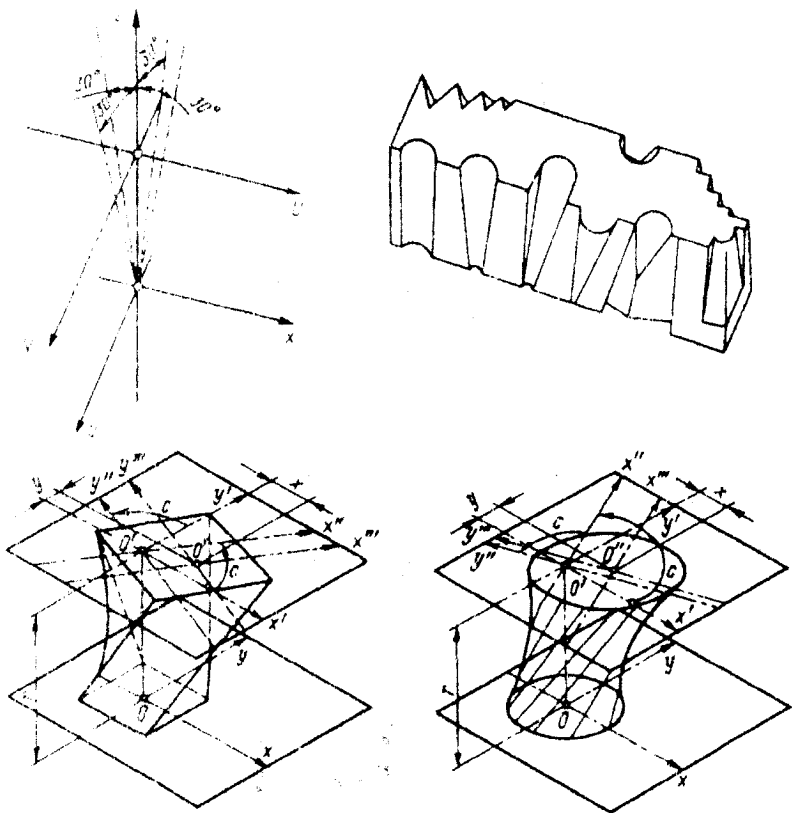


Рис. 11.23. Деякі види поверхонь, які отримують на вирізних верстатах з ЧПК з програмованим складним рухом дроту

11.3.5. Виготовлення цанг, фільєр, висадочних та витяжних матриць

Такі деталі не мають спряжених робочих поверхонь, вони мають центральні отвори різного профілю, які можуть спряжу-

ватися перехідними ділянками. Непрофільованим електродом вирізанням по контуру одержують центральні отвори. Деталі можуть бути виконані із загартованих сталей або твердих сплавів. Сталеві заготовки повинні бути загартовані до операції електроерозійної обробки.

Перед розробкою технологічного процесу необхідно виконати економічний розрахунок вибору матеріалу. Досвід показує, що для більшості цанг з діаметром робочої частини до 1,5 мм фільтр і матриць з поперечними розмірами отворів до 5 мм економічно вигідно використовувати тверді сплави. Використання твердих сплавів для робочих частин суттєво впливає на конструкцію самих деталей. Їх роблять складеними, вони містять твердосплавні вставки, закріплені в сталевому корпусі. Вставки можуть бути закріплені в корпусі за допомогою напаювання. Після цього в корпусі необхідно прорізати фрезою радіальні пази. Робочі поверхні цанг, фільтр, матриць можуть бути достатньо просто оброблені до необхідної шорсткості без втрат точності. Тому вирізання можна виконувати на високопродуктивних режимах. За критерій для розрахунку необхідно прийняти відсутність мікротріщин.

Діаметр дроту вибирають виходячи з умови виготовлення скруглення мінімального радіусу, який може бути не менше 1,5 діаметра дроту.

Для цанг з діаметром робочого отвору більше 1 мм:

– прошивають центральний технологічний отвір (рис. 11.24, *a*) діаметр отвору повинен бути більшим за діаметр непрошліфованого електроду для введення його у вихідну позицію для обробки;

– через отвір 1 пропускають дріт 2 (рис. 11.24, *б*) і переміщують його в радіальному напрямку до дотику з твірною отвору, за допомогою спеціального пристосування цангу обертають, а дріт подають по радіусу отвору, виконуючи електроерозійне шліфування до необхідного розміру;

– зупиняють обертання цанги, вмикають рух подачі деталі вздовж осі паза 3 (рис. 11.24, *в*), а потім при ввімкненій напрузі повертають дріт в центр отвору, повертають цангу на 120° і прорізають наступний паз, аналогічно отримують третій паз.

При використанні такого технологічного процесу досягається високий ступінь зношування осі отвору і посадочного діаметра, по якому цанга встановлюється у верстат, усуваються биття заготовки при її закріпленні в цанзі. Вузькі пази, які одержують дротяним електродом, та їх точне радіальне розміщення дозволяють забезпечити положення заготовки по центру і площу контакту, яка гарантує надійне затискання.

Цанги, що одержали з використанням непрофільованого електроду, забезпечують точність обробки деталей за 6–8-м квалітетом.

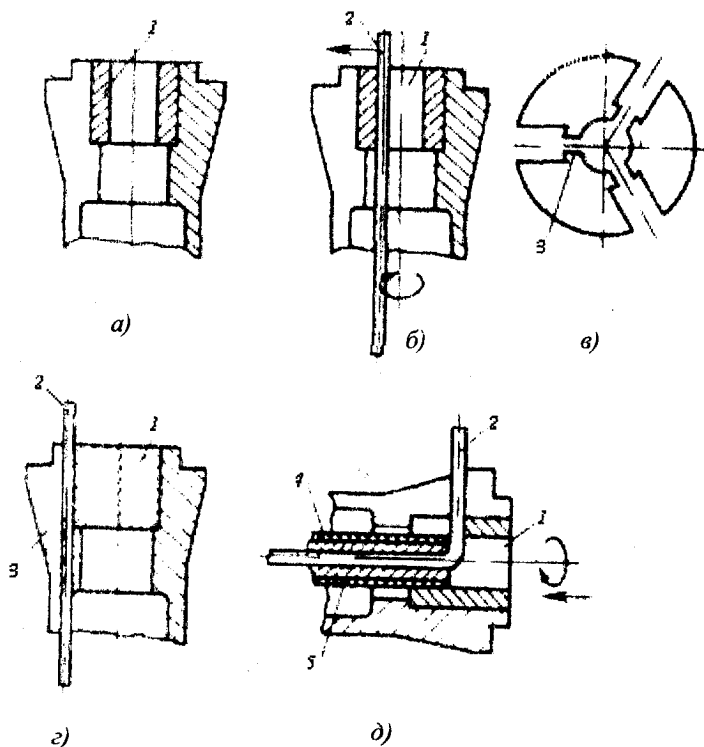


Рис. 11.24. Схема обробки цанг

Для цанг з діаметром отвору менше 1 мм в яких важко одержати центральний отвір, поступають наступним чином:

1) дріт 2 виводять через прорізаний в корпусі паз 3 (рис. 11.24, з);

2) дроту 2 надають поступальний рух до центра твердосплавної вставки 1 і роблять розріз;

3) коли осі дроту 2 і вставки 1 співпадають, цангу починають обертати навколо осі, одночасно переміщаючи дріт 2 від центра вставки 1 до одержання отвору необхідного діаметра;

4) повертають дріт 2 в центр вставки 1 і прорізають наступний паз;

5) повертають дріт в центральний отвір (при ввімкненій напрузі), повертають цангу і прорізають третій паз.

Таким способом можна одержати цанги з діаметром центрального отвору і декілька десятків міліметра.

В деяких приладах є циліндричні деталі діаметром менше 0,3 мм. Їх обробляють в цангах. Довжина периметра, що охоплює поверхні таких цанг, настільки мала, що зниження її за рахунок пазів, які мають ширину 0,1–0,15 мм, викликає різке зменшення точності установки оброблюваних в цих цангах деталей.

Дротяним електродом можна одержати пази з гвинтовим профілем. Для цього необхідно мати вставку 1 з виготовленим центральним отвором (рис. 11.24, д). Його одержують при спіканні або прошивають електроерозійним методом. Дріт 2 пропускається через трубу 4 із зовнішньою ізоляцією 5. Вихідний отвір трубки має плавне скруглення, що зменшує можливість обривання дроту. Зовнішній діаметр ізоляції 5 повинен бути дещо меншим, ніж отвір у вставці 1. Дротяним електродом розрізають паз у вставці 1. При цьому трубка 4 входить в отвір вставки. Поступово переміщуючи дріт вздовж осі вставки, повертають цангу. В результаті одержують паз, прорізаний по гвинтовій лінії.

На відміну від цанг, у фільерах та витяжних матрицях необхідно одержати не тільки циліндричні, але й конічні отвори різних перерізів. Їх одержують по копіру або нахилом дроту відносно осі отвору. Якщо матриця має декілька ділянок, що

з'єднанні конічними переходами, то їх одержують прошиванням. Доведення отворів виконується на довідних верстатах або слюсарно-механічним способом за допомогою алмазної пасті. Під доведення необхідно передбачити припуск 0,02–0,05 мм. У виготовлених деталях контролюють розміри і шорсткість поверхні.

11.3.6. Виготовлення шаблонів, калібрів, різального інструмента, штампів

Всі ці деталі одержують розрізом заготовок непрофільованим дротяним електродом. Для шаблонів, калібрів, різців, протяжок, різальних елементів свердел, фрез, як правило, використовують одну частину розрізаної заготовки, друга є відходом. Для гнучких штампів в подальшому використовують обидві частини, до того ж ширина паза повинна бути близькою до товщини згинального листа. Тому гнучкі штампи виготовляють за два проходи дротяного інструмента. Електроерозійний метод економічно вигідний для деталей складного профілю твердих сплавів і загартованих сталей. Деталі, що розглядаються, мають відкритий профіль, і операції доведення не викликають великих труднощів. Крім того, перед доведенням більшість поверхонь можна прошліфувати плоским або фасонним алмазним інструментом. Припуск на доведення в цьому випадку складає не більше 0,03 мм. Тому розрахунок режиму електроерозійної обробки виконують виходячи з умови відсутності у поверхневому шарі мікротріщин.

Контрольні запитання

1. Основні вимоги до виготовлення технологічної оснастки.
2. Характеристика інтегрованих технологій.

3. Перерахуйте способи прискороного формоутворення виробів або їх прототипів.
4. Характеристика способів прискороного формоутворення виробів або їх прототипів.
5. Завершальні технології, що використовують, RP-моделі.
6. Використання електроерозійних методів обробки при виготовленні оснастки.
7. Прошивання отворів електроерозійних методів обробки при виготовленні оснастки.
8. Прошивання зовнішніх поверхонь.
9. Прошивання порожнин.
10. Виготовлення деталей непрофільованим електродом.
11. Виготовлення цанг, фільтер, висадочних та витяжних матриць електроерозійною обробкою.
12. Виготовлення шаблонів, калібрів, різального інструмента, гнучких штампів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барсов А.И., Иванов А.В., Кладова К.И. и др. Технология изготовления режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1972. – 136 с.
2. Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Сорокин В.Ф., Лижский Е.Р., Гриценко О.Н. Проектирование и изготовление штампов для точной установки лопаток на базе САВ/САМ/САЕ "Euclid" и СФПР АСТПП "лопатка" // Сборник научных трудов ХАИ. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков, 1998. – № 1.
3. Васильчук О.Р. Автоматизация разработки технологии изготовления деталей. На соискание ученой степени к.т.н. – К.: НТУУ "КПИ"? 1991. – 150 с.
4. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия, 1983. – 526 с.
5. Гжиров Р.И., Грешиников В.А., Логашев В.Г. и др. Инструментальные системы автоматизированного производства. – Санкт-Петербург: Политехника, 1993. – 399 с.
6. Горецкая З.Д. Протягивание с большими подачами. – М.: Машгиз, 1960. – 202 с.
7. Гречишников В.А., Маслов А.В., Соломинцев Ю.М., Схиртладзе А.Г. Инструментальное обеспечение автоматизированного производства. – М.: "Мосстанкин", 2000. – 204 с.
8. Дашевский И.И., Будцев И.М., Закревский А.М. Профильное шлифование деталей машин и приборов. – М.: Машиностроение, 1977.
9. Дибнер Л.Г., Цофин Э.Е. Заточные автоматы и полуавтоматы. – М.: Машиностроение, 1978. – 277 с.
10. Еремин Б.Ф. Протягивание. – М.: Машгиз, 1950. – 323 с.
11. Жедь В.П., Боровский Г.В., Музыкант Я.А. и др. Режущие инструменты? оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
12. Кацук В.А., Мелехин Д.А., Бармин Б.П. Справочник заточника. – М.: Машиностроение, 1982. – 232 с.

13. *Корсаков В.С.* Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983. – 375 с.
14. *Коваленко В.С.* Лазерная технология. – К.: Вища школа, 1989. – 280 с.
15. *Коваленко В.С., Верхотуров А.Д., Головкин Л.Ф., Подчерняева И.А.* Лазерное и электроэрозионное упрочнение металлов. – М.: Наука, 1986. – 276 с.
16. *Криштопа Н.А., Родина Т.П.* Геометрия задних поверхностей сверл и способы их формообразования. – К.: Вища школа, 1982. – 128 с.
17. *Леховицер В.А., Балушок К.Б., Лижский Е.Р.* Разработка специализированной системы "Зубообработка" // Технологические системы. – К., 2000. – 74–77 с.
18. *Лещинер Я.А.* и др. Лезвийные инструменты из сверхтвердых материалов. – К.: Техника, 1981. – 118 с.
19. *Муха И.М., Любимов В.Е.* Технология изготовления твердосплавных деталей и инструментов. – К.: Техника, 1980. – 191 с.
20. *Немилов Е.Ф.* Справочник по электрохимическим и электроэрозионной обработке металлов. – Л.: Машиностроение, 1989. – 164 с.
21. *Ординарцев И.А., Филиппов Г.В.* Автоматизация производства режущего инструмента. – Л.: Машиностроение, 1972. – 263 с.
22. *Ординарцев И.А., Филиппов Г.В., Шевченко А.И.* и др. Справочник инструментальщика. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
23. *Палей М.М.* Технология производства металлорежущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
24. *Палей М.М., Дибнер Л.Г., Фрид М.Д.* Технология шлифования и заточки режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.
25. *Петрова А.П., Кондрашев Э.К., Коротков Ю.В.* Склеивание инструмента и оснастки в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
26. *Полевой С.Н., Евдокимов В.Д.* Упрочнение металлов. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.

27. *Попов С.А.* Заточка и доводка режущего инструмента. – М.: Высшая школа, 1981. – 159 с.
28. *Постников Б.А., Шкаев М.А.* Практика профильного шлифования. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
29. Рабочие процессы высоких технологий в машиностроении / Под ред. Грабченко А.И. – Харьков, ХГПУ, 1999. – 303–334 с.
30. *Родин П.Р., Климов В.И., Якубсон С.Б.* Технология изготовления зуборезного инструмента. – К.: Техніка, 1982. – 208 с.
31. *Рыбицкий В.А.* Алмазное шлифование твердых сплавов. – К.: Наукова думка, 1980. – 221 с.
32. *Самойлов В.С., Эйхманс Э.Ф., Фальковский В.А.* и др. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
33. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / Под общ. ред. В.А. Волосатова. – Л.: Машиностроение, 1988. – 720 с.
34. *Филитов Г.В.* Режущий инструмент. – Л.: Машиностроение, 1981. – 392 с.
35. *Чачин В.Н., Дорофеев В.Д.* Профилирование алмазных шлифовальных кругов. – Минск: Наука и техника, 1974. – 160 с.
36. *Юдковский П.А., Киберев Г.И., Шевель А.П.* и др. Автоматизация производства и повышение качества концевго режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1980. – 120 с.
37. *Якимов А.В.* Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
Глава 1. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ	5
1.1. Інструментальні сталі.....	5
1.2. Тверді сплави.....	11
1.3. Різальна кераміка.....	17
1.4. Надтверді матеріали (НТМ).....	19
1.5. Сталі для виготовлення корпусів інструментів...	20
Глава 2. ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ІНСТРУМЕНТІВ	22
2.1. Вибір заготовок.....	22
2.2. Правка прутків і дроту.....	23
2.3. Відрізання заготовок.....	24
2.4. Рубання заготовок.....	27
2.5. Кування та штампування.....	29
2.6. Лиття заготовок різального інструмента.....	33
2.7. Виготовлення заготовок інструмента методом гідропресування.....	34
2.8. Зварювання заготовок складових інструментів...	37
2.9. Напаювання пластин твердого сплаву і мінералокераміки.....	44
2.10. Технологія склеювання інструментів.....	53
2.11. Методи отримання заготовок монолітного твердосплавного інструмента.....	59
2.12. Способи кріплення полікристалів з надтвердих матеріалів.....	71
Глава 3. ОБРОБКА БАЗОВИХ ПОВЕРХОНЬ	74
3.1. Центрові отвори.....	74
3.2. Отвори під оправку.....	80
3.3. Плоскі поверхні.....	83
3.4. Виготовлення хвостовиків.....	90

Глава 4. ОСНОВНІ ФОРМОУТВОРЮЮЧІ ОПЕРАЦІЇ.....	95
4.1. Загальні відомості.....	95
4.2. Виготовлення вихідного тіла інструмента.....	96
4.3. Утворення зубів інструмента.....	104
4.3.1. Загальні відомості.....	104
4.3.2. Фрезерування зубців на циліндричній поверхні	105
4.3.3. Фрезерування стружкових канавок на конічній поверхні.....	107
4.3.4. Фрезерування зубів на торці.....	116
4.3.5. Обробка пазів для ножів збірних інструментів	119
4.3.6. Затилування зубців.....	122
Глава 5. ТЕРМІЧНА ОБРОБКА РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА.....	128
5.1. Загальні відомості.....	128
5.2. Попередня термічна обробка заготовок інстру- мента.....	128
5.3. Загартовування.....	138
5.4. Відпуск загартованої сталі.....	147
Глава 6. ШЛІФУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ.....	151
6.1. Загальні відомості.....	151
6.2. Шліфування фасонних циліндричних поверхонь й поверхонь обертання.....	170
6.3. Шліфування різьби.....	178
6.4. Шліфування зубів в цілих заготовках.....	180
Глава 7. ЗАТОЧУВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ.....	183
7.1. Загальні питання заточування інструментів.....	183
7.2. Заточування токарних різців.....	193
7.2.1. Геометричні параметри токарного різця.....	193
7.2.2. Визначення кутів установки при заточуванні токарних різців по площинах.....	197
7.3. Заточування торцевих фрез.....	204
7.3.1. Геометричні параметри різальної частини тор- цевих фрез.....	204

7.3.2. Визначення кутів установки при заточуванні торцевих фрез.....	208
7.4. Заточування циліндричних фрез.....	220
7.5. Заточування спіральних свердел.....	225
7.5.1. Геометричні параметри різальної частини спірального свердла.....	225
7.5.2. Заточування свердел по площинах.....	226
7.5.3. Заточування свердел по гвинтових поверхнях..	239
7.5.4. Заточування свердел по конічних поверхнях...	240
7.5.5. Заточування свердел по циліндричних поверхнях.....	244
7.5.6. Заточування свердел з криволінійними різальними кромками.....	248
7.5.7. Заточування свердел із зворотним кутом при вершині.....	250
7.5.8. Заточування свердел двома кругами, що встановлюються на одній осі.....	258
7.6. Заточування розверток.....	262
7.6.1. Загальні відомості.....	258
7.6.2. Заточування розверток по передній поверхні...	259
7.6.3. Заточування задньої поверхні розверток.....	260
7.7. Заточування мітчиків.....	263
7.7.1. Загальні відомості.....	263
7.7.2. Заточування передньої поверхні.....	267
7.7.3. Заточування задньої поверхні на різальній частині.....	267
7.8. Заточування протяжок.....	271
7.8.1. Загальні відомості.....	271
7.8.2. Визначення діаметра шліфувального круга.....	274
7.9. Заточування зуборізних довбачів.....	277
7.9.1. Загальні відомості.....	277
7.9.2. Заточування довбачів по конічній передній поверхні.....	279
7.9.3. Заточування довбачів по сферичній поверхні...	281
7.10. Заточування черв'ячних фрез.....	285
7.10.1. Загальні відомості.....	285
7.10.2. Форма шліфувального круга для заточування черв'ячних фрез.....	288

Глава 8. ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ РІЗАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ІНСТРУМЕНТА...	295
8.1. Методи хіміко-термічного зміцнення.....	296
8.2. Утворення адгезійних покриттів тонких шарів.....	297
8.3. Методи зміцнення з використанням джерела концентрованих енергій.....	311
8.4. Вібродоформаційне зміцнення інструмента.....	314
Глава 9. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	317
9.1. Особливості сучасного автоматизованого виробництва.....	317
9.2. Автоматизоване проектування технологічних процесів виготовлення інструментів.....	329
9.3. Спеціалізоване обладнання інструментального виробництва.....	325
9.3.1. Обладнання заготівельного циклу.....	336
9.3.2. Особливості спеціального та спеціалізованого обладнання циклу основних формуютьоруючих операцій.....	339
9.3.3. Загальна характеристика обладнання циклу основної термічної обробки.....	348
9.3.4. Автоматизація заточувальних операцій.....	348
Глава 10. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТИПОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ.....	383
10.1. Різці.....	383
10.2. Спиральні свердла.....	387
10.3. Мітчики.....	396
10.4. Твердосплавні кінцеві фрези.....	402
10.5. Фасонні затиловані фрези.....	407
10.6. Черв'ячні зуборізальні фрези.....	410
10.7. Зубонарізні довбачі.....	433
10.8. Дискові шевери.....	459
10.9. Протяжки.....	475

Глава 11. ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ	506
ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ.....	
11.1. Загальна характеристика.....	506
11.2. Способи прискореного формоутворення.....	510
11.2.1. Способи стереолітографії (SLS).....	510
11.2.2. Спосіб виборчого лазерного спікання (SLS).....	511
11.2.3. Спосіб виготовлення пошарових об'єктів (LOM).....	512
11.2.4. Спосіб основного термічного впливу (SGC).....	513
11.2.5. Спосіб моделювання оплавленням (FDM).....	514
11.2.6. Способи трикоординатного друку (3D-Printing або TDP).....	515
11.2.7. Спосіб багатофазного відведення струменя (MJS).....	516
11.2.8. Спосіб виготовлення моделей з використанням балістики (BPM).....	517
11.3. Виготовлення типових поверхонь і деталей технологічної оснастки електроерозійним методом.....	518
11.3.1. Прошивання отворів.....	518
11.3.2. Прошивання зовнішніх поверхонь.....	532
11.3.3. Прошивання площин.....	532
11.3.4. Виготовлення деталей непрофільованим електродом.....	536
11.3.5. Виготовлення цанг, фільтер, висадочних та втяжних матриць.....	546
11.3.6. Виготовлення шаблонів, калібрів, різального інструмента, штампів.....	542
ЛІТЕРАТУРА.....	548

Наталія Сергіївна Равська
Петро Петрович Мельничук
Анатолій Гнатович Касьянов
Родіон Петрович Родін

ТЕХНОЛОГІЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Підручник

Редактор

Л.О. Кушнірук

Редагування, комп'ютерний набір
та верстка

К.І. Іванчихіна

Макетування

В.В. Кондратенко

Підписано до друку 25.09.2001. Формат 60x84 1/16.
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 34,63.
Наклад 300 прим. Зам. 132.

Видано редакційно-видавничим відділом
Житомирського інженерно-технологічного інституту
10005, м. Житомир, вул. Черняхівського, 103.