

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ

Самостійна та індивідуальна робота студентів

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ

Самостійна та індивідуальна робота студентів

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2017

УДК 621.01(075)

Б91

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 10 від 22.02.2017 р.)

Рецензенти:

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

Л. К. Поліщук, кандидат технічних наук, професор

Буренніков, Ю. А.

Б91 Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навч. посібник / Ю. А. Буренніков, Д. О. Лозінський — Вінниця : ВНТУ, 2017. — 107 с.

Навчальний посібник містить теоретичний матеріал до самостійної та індивідуальної роботи студентів, а також до виконання розрахунково-графічних завдань та контрольних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» для студентів спеціальностей «Прикладна механіка» та «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання.

Посібник може бути використаний також для виконання домашніх та індивідуальних завдань з дисципліни «Вступ до фаху» студентами спеціальності «Прикладна механіка».

Навчальний посібник виконано згідно з програмою дисципліни «Технологічні основи машинобудування» ВНТУ.

УДК 621.01(075)

© ВНТУ, 2017

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Загальні положення	5
1.1 Об'єкт машинобудівного виробництва.....	5
1.2 Структура роботи.....	9
2 Виконання контрольної роботи.....	10
2.1 Мета, обсяг та зміст контрольної роботи.....	10
2.2 Визначення можливих способів обробки поверхонь деталі	10
2.2.1 Сутність процесу, основні поняття та означення.....	10
2.2.2 Види робіт, які виконують на верстатах токарної групи.....	13
2.2.3 Види робіт, які виконують на верстатах свердлильної групи..	16
2.2.4 Види робіт, які виконують на верстатах фрезерної групи	19
2.2.5 Види робіт, які виконують на стругальних, довбальних та протягувальних верстатах	21
2.2.6 Види робіт, які виконують на зубооброблюваних верстатах...	26
2.2.7 Види робіт, які виконують на шліфувальних верстатах.....	28
2.3 Методи отримання необхідної точності розміру та шорсткості поверхні заданої деталі. Вибір обладнання.....	33
2.3.1 Поняття про точність, розміри та квалітет.....	34
2.3.2 Якість поверхонь деталі	35
2.4 Призначення припусків та розрахунок режимів різання.....	46
2.4.1 Припуски на обробку поверхні	46
2.4.2 Елементи режиму різання	46
2.4.3 Розрахунок режимів різання при точінні	48
2.4.4 Розрахунок режимів різання при свердлінні	53
2.4.5 Розрахунок режимів різання при фрезеруванні.....	55
2.4.6 Розрахунок режимів різання при шліфуванні.....	58
2.4.7 Розрахунок режимів різання при струганні	61
2.4.8 Розрахунок режимів різання при протягуванні	62
Перелік використаної літератури.....	67
Додатки	68
Додаток А Завдання на контрольну роботу	69
Додаток Б Титульний аркуш контрольної роботи	70
Додаток В Таблиці для розрахунку режимів різання	71
Додаток Г Індивідуальні завдання	91

ВСТУП

Технологічні основи машинобудування є комплексним курсом, в якому викладається теорія побудови та методи розрахунку технологічних процесів машинобудівного виробництва, що охоплюють отримання заготовок, механічну обробку різанням і складання машин і їх елементів, а також вимоги до конструктивного оформлення. Крім того, цей курс розширює кругозір студентів у сфері технології, розвиває здатність до проведення критичного оцінювання діючих процесів, а також прищеплює навички творчого вирішення технічних завдань.

У технології машинобудування синтезуються положення теоретичних і прикладних наук щодо вирішення технологічних завдань різного характеру. Поряд з цим шляхом систематизації та узагальнення виробничого досвіду, а також на основі аналізу результатів виконаних досліджень створюються та розвиваються основні теоретичні положення технології виробництва виробів, що підводять наукову базу під розробку процесів їх виготовлення і дають можливість обґрунтованого вибору технологічних методів для конкретних умов.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Об'єкт машинобудівного виробництва

Основними елементами розвитку сучасного машинобудування є вдосконалювання засобів виробництва, методів організації виробництва (наприклад, використання технологій серійного й масового виготовлення), перехід до стандартизації, автоматизації та інформаційного забезпечення процесів [1, 2].

Об'єктом машинобудівного виробництва є виріб, яким називають продукт кінцевої стадії виробництва. Ним може бути будь-який предмет, або множина предметів виробництва, що їх виготовляють на підприємстві. Для автомобільного заводу виробом є автомобіль, для моторного — мотор, для заводу з виробництва заготовок — виливок, кованка тощо. Стандарти передбачають такі види виробів: заготовки, деталі, складальні одиниці, комплекси та комплекти.

Заготовка — виріб, з якого внаслідок зміни форми, розмірів, шорсткості поверхонь та властивостей матеріалу отримують деталь чи суцільну складальну одиницю. Деталь — це виріб, який виготовляють без складальних операцій, наприклад, вал, шестерня, гайка, трубка, що зварена з одного шматка металу та ін.

Складальна одиниця — виріб, складові частини якого з'єднуються між собою внаслідок виконання складальних операцій (згвинчування, склеювання, зварювання, запресовування, зшивання, розвальцьовування, заклепування), наприклад, автомобіль, верстат, редуктор, зварена ферма чи корпус.

Комплекс — дві та більше складальні одиниці, що з'єднані між собою на заводі, виготовлені складальними операціями та призначені для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій.

Комплект — два та більше виробів, не з'єднаних між собою та призначених для виконання однотипових функцій допоміжного характеру (запчастини, інструмент, пристрої, комплект вимірювальної апаратури).

Усі види руху при обробці різанням поділяються на три групи:

- робочий рух (або рух різання);
- установний;
- допоміжний.

Складовими робочих рухів є головний рух і рух подачі. Головний рух здійснює процес зняття стружки, а рух подачі — процес різання. Наприклад, під час свердління головним рухом є обертання свердла, а його переміщення вздовж осі або вбік — це рух подачі, що дозволяє одержати наскрізний отвір або канавку певної глибини.

У металорізальних верстатах головний рух найчастіше буває

обертальним (токарні, свердлувальні, фрезерні, шліфувальні верстати) або прямолінійним (стругальні, довбальні верстати). Головний рух надається заготовкам (верстати токарної групи) або різальному інструменту (фрезерні, поперечно-стругальні тощо). У верстатах з головним обертальним рухом подача і різання безперервні.

Технологічний процес – це частина виробничого процесу, що вміщує дії зі зміни стану предмета праці.

Технологічний процес являє собою сукупність різних операцій, у результаті виконання яких змінюються розміри, форма, властивості предметів праці, виконується з'єднання деталей у складальні одиниці і вироби, здійснюється контроль за дотриманням вимог креслення і технічних умов.

Технологічною операцією називають закінчену частину технологічного процесу, виконувану на одному робочому місці. Вона є основним елементом виробничого планування й обліку. На виконання операцій встановлюють норми часу і розцінки; з їх допомогою визначають трудомісткість і собівартість процесу, необхідну кількість виробничих робітників і засобів технологічного оснащення.

ГОСТом 3.1109–82 визначені основні елементи технологічних операцій. Назва операції визначається найменуванням устаткування (токарна операція, зварювальна операція і т. д.).

Технологічний перехід – закінчена частина технологічної операції, виконувана тими самими засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах та встановленні. При виконанні переходу режими роботи іноді змінюються без впливу робітника, тобто автоматично, наприклад, при виконанні переходу на верстатах із програмним чи з адаптивним керуванням (наприклад, обробити площину корпусу, зварити дві деталі встик і т. д.). Переходи можуть виконуватися шляхом видалення одного чи декількох шарів матеріалу за один чи кілька робочих ходів.

Робочий хід – це однократне переміщення інструмента щодо заготовки, яке супроводжується зміною її розмірів, якості і властивостей, є закінченою частиною технологічного переходу.

Допоміжний хід – це однократне переміщення інструмента щодо заготовки, необхідне для підготовки робочого ходу (наприклад, підвести інструмент до деталі, відвести інструмент).

Усі дії робітника, при виконанні ним технологічного переходу, розділяються на окремі прийоми. Прийомом називають закінчену сукупність дій людини, застосовуваних при виконанні переходу чи його частини й об'єднаних одним цільовим призначенням. Наприклад, взяти заготовку, підвести до патрона, встановити заготовку, включити подачу і т. п.

Закріплення заготовок, зміну інструмента та інші закінчені частини

технологічної операції, що складаються з дій людини і (чи) устаткування і не супроводжуються зміною властивостей предметів праці, але необхідні для технологічного переходу, називають допоміжними переходами.

Установом називається частина технологічної операції, яка виконується при незмінному закріпленні заготовки чи складальної одиниці. При одному установі заготовка може займати різні позиції.

Позиція – це фіксоване положення, що займає незмінно закріплена заготовка чи складальна одиниця, яка складена разом із пристосуванням, щодо інструмента чи нерухомої частини устаткування при виконанні визначеної частини операції.

Сукупність знарядь виробництва, необхідних для здійснення технологічного процесу, називається засобами технологічного оснащення. У технологічне оснащення входять засоби технологічного оснащення, що доповнюють технологічне устаткування для виконання певної частини технологічного процесу (різальний інструмент, штампи, пристосування, калібри, прес-форми, моделі, ливарні форми і т. д.).

Технологічне устаткування – це засоби технологічного оснащення, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщують матеріали заготовки чи засоби впливу на них, а також технологічне оснащення (прикладом технологічного устаткування є ливарні машини, преси, металорізальні верстати, печі, гальванічні ванни, випробувальні стенди і т. п.).

Налагодженням називають підготовку технологічного устаткування та технологічного оснащення до виконання технологічної операції. До налагодження відносять встановлення пристосування на верстаті, встановлення на розмір комплекту різального інструмента і т. д.

Типи машинобудівного виробництва

У машинобудівному виробництві розрізняють три основних типи: масове, серійне та одиничне.

Належність виробництва до того чи іншого типу визначається ступенем спеціалізації робочих місць, номенклатурою об'єктів виробництва, формою руху цих об'єктів по робочих місцях.

Масове виробництво характеризується безперервним виготовленням обмеженої номенклатури виробів на вузькоспеціалізованих робочих місцях. Цей тип виробництва дозволяє механізувати та автоматизувати технологічний процес у цілому та організувати його більш економічно.

Серійне виробництво характеризується виготовленням обмеженої номенклатури виробів (деталі виготовляють партіями, а складальні одиниці — серіями), що повторюється через певні проміжки часу, і широкою спеціалізацією робочих місць. Розділення серійного виробництва на велико-, середньо- та дрібносерійне умовне, оскільки у різних галузях

машинобудування при одній і тій же кількості виробів у серії, але при суттєвій різниці їх розмірів, складності та трудомісткості виробництво може бути віднесене до різних типів. За рівнем механізації та автоматизації багатосерійне виробництво наближається до масового, а дрібносерійне до одиничного.

Одиничне виробництво відзначається виготовленням широкої номенклатури виробів в одиничних кількостях, які повторюються через невизначені проміжки часу або взагалі не повторюються. Робочі місця при цьому не мають певної спеціалізації. Значний відсоток технологічних операцій виконується вручну.

Однією з ознак виробництва є коефіцієнт закріплення операцій, під яким розуміють відношення кількості всіх операцій, що виконуються протягом одиниці часу (місяць), до кількості робочих місць:

$$K = O/P, \quad (1.1)$$

де O — кількість різних операцій, що виконуються на робочих місцях дільниці або цеха протягом місяця;

P — кількість робочих місць на дільниці або в цеху.

Галузі машинобудування

Традиційне машинобудування поділяють на такі групи галузей — важке машинобудування; загальне машинобудування; середнє машинобудування; точне машинобудування; виробництво металевих виробів і заготовок; ремонт машин і устаткування.

Важке машинобудування

До важкого машинобудування належать галузі, які виготовляють обладнання для гірської і металургійної промисловості, енергетичні блоки (енергетичне машинобудування), підйомно-транспортне устаткування, а саме: гірничо-шахтне машинобудування, металургійне машинобудування, енергетичне машинобудування.

Загальне машинобудування

Загальне машинобудування презентовано такими галузями, як транспортне машинобудування (залізничне, суднобудування, авіаційне, ракетно-космічна промисловість, але без автомобілебудування), сільськогосподарське, виробництво технологічного устаткування для різних галузей промисловості (крім легкої й харчової), будівельне і комунальне машинобудування, хімічне машинобудування, лісопромислове машинобудування.

Середнє машинобудування

До складу середнього машинобудування входять тракторобудування, автомобілебудування, верстатобудування, інструментальна промисловість, виробництво технологічного устаткування для легкої й харчової промисловості, промисловість побутових приладів і машин.

Точне машинобудування

Провідні галузі точного машинобудування — приладобудування, радіотехнічне й електронне машинобудування, електротехнічна промисловість.

Продукція галузей цієї групи винятково різноманітна — це оптичні прилади, персональні комп'ютери, радіоелектронна апаратура, авіаційні прилади, волоконна оптика, лазери й комплектуючі, елементи годинників.

1.2 Структура роботи

Титульний лист – це заголовний лист контрольної роботи і в загальну кількість аркушів ПЗ не входить. Титульний лист контрольної роботи виконують відповідно до додатка А.

Індивідуальне завдання на контрольну роботу виконується на спеціальному бланку кафедри і розміщується за титульним листом (додаток Б). В загальну кількість аркушів не входить. В завданні формулюють тему роботи, вказують вихідні дані до роботи. Наводиться короткий зміст роботи та основні літературні джерела.

Зміст є першим в ПЗ. Нумерацію даної та наступних сторінок проставляють посередині знизу, починаючи зі змісту. Нумерація сторінок повинна бути наскрізною. До змісту вносять всі заголовки (без змін), які є в документі і в додатках, за формою (додаток А).

Вступ пишуть з нової пронумерованої сторінки із заголовком «Вступ» посередині рядка малими буквами, починаючи з великої. Текст вступу повинен бути коротким і висвітлювати питання актуальності, значення, сучасний рівень і призначення контрольної роботи. У вступі і по тексту не дозволяється використовувати скорочені слова, терміни, крім загальноприйнятих.

Пояснювальна записка має містити всі необхідні розробки та обґрунтування прийнятих рішень, які супроводжуються відповідними розрахунками, ілюстраціями, посиланнями на літературні джерела. Оформлення записки до контрольної роботи виконується згідно з прийнятими у ВНТУ нормами [3].

Висновок оформляють з нової пронумерованої сторінки. Слово **ВИСНОВОК** розміщаємо посередині рядка (ДСТУ 3008-2015) великими буквами більш високої насиченості. Висновок є підсумковою частиною усіх прийнятих рішень роботи, із зазначенням досягнутих параметрів чи переваг порівняно з існуючими аналогами, з можливими рекомендаціями прикладного застосування. В тексті пояснювальної записки бажано давати висновок в кожному розділі, що є постановкою задачі до наступного.

2 ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

2.1 Мета, обсяг та зміст контрольної роботи

Метою контрольної роботи є закріплення знань студентів з технологічних основ машинобудування та навичок вибору методів обробки поверхонь, призначення припусків та розрахунку режимів різання.

Контрольна робота з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» є одним із підсумкових етапів при підготовці студентів машинобудівних та механічних спеціальностей.

В контрольній роботі студент повинен розкрити зміст теми, показати знання літературних джерел і нормативних актів. Зміст роботи має відповідати робочому плану дисципліни і відображати суть теми, яка розглядається.

Контрольна робота повинна задовольняти такі вимоги:

– обсяг текстової частини визначається кількістю годин СРС, які виділяються на контрольну роботу для дисципліни навчальним планом (18...54 год), та не перевищує 25–30 сторінок формату А4 текстової частини;

– графічна частина здебільшого подається в тексті пояснювальної записки у вигляді відповідних рисунків або може виноситись в додатки з обов'язковим конкретним зазначенням графічного матеріалу в індивідуальному завданні.

Зміст та обсяг пояснювальної записки контрольної роботи поданий у додатку А. Розглянемо основні складові частини контрольної роботи.

2.2 Визначення можливих способів обробки поверхонь деталі

2.2.1 Сутність процесу, основні поняття та означення

Обробка металів різанням — це процес зняття різальним інструментом шару металу (стружки) з заготовки для надання виробу потрібної форми, заданих розмірів і чистоти поверхні. Види обробки металів різанням розрізняють залежно від конструкції застосовуваного різального інструмента, або від характеру руху інструмента і заготовки при обробці вручну чи на металорізальному верстаті [4–6].

Усі види руху при обробці різанням поділяються на три групи:

- робочий рух (або рух різання);
- установний;
- допоміжний.

Складовими робочих рухів є головний рух і рух подачі. Головний рух здійснює процес зняття стружки, а рух подачі — процес різання. Наприклад, під час свердління головним рухом є обертання свердла, а його

переміщення вздовж осі — це рух подачі, що дозволяє одержати наскрізний отвір.

У металорізальних верстатах головний рух найчастіше буває обертальним (токарні, свердлильні, фрезерні, шліфувальні верстати) або прямолінійним (стругальні, довбальні верстати). Головний рух надається заготовкам (верстати токарної групи) або різальному інструменту (фрезерні, поперечно-стругальні тощо). У верстатах з головним обертальним рухом подача і різання безперервні, у верстатах з головним зворотно-поступальним — різання переривчасте.

До основних понять щодо процесу різання належать:

- поверхні заготовки;
- координатні площини;
- елементи різальної частини;
- геометрія різця (кути, режими різання і розміри заданого шару металу).

Координатними площинами називають площину різання і основну площину.

Оброблювана поверхня (1) — це поверхня заготовки, з якої знімають стружку; оброблена поверхня (3) — це поверхня, з якої знято стружку; поверхня різання (2), це поверхня, яка утворюється головною різальною кромкою (рис. 2.1).

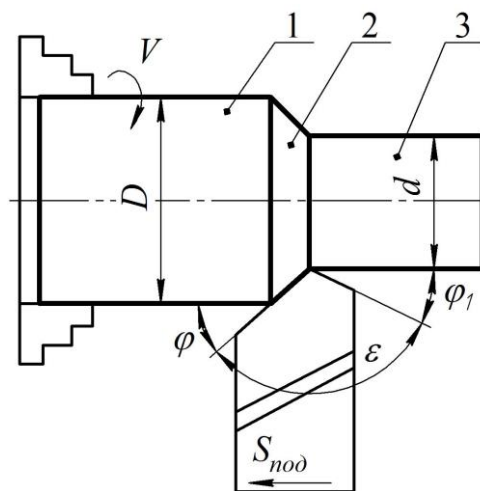


Рисунок 2.1 – Елементи різання та поверхні заготовки

Досвід механічної обробки деталей машин свідчить, що більшість поверхонь, із яких вони складаються, можна одержати за допомогою таких основних операцій:

- 1) точіння;
- 2) свердління;
- 3) фрезерування;
- 4) шліфування та інших.

Точіння

Верстати токарної групи використовують для обробки циліндричних, конічних, фасонних (зовнішніх і внутрішніх) поверхонь обертання, а також для обробки площин, перпендикулярних до осі обертання заготовки. Для верстатів токарної групи основним інструментом є різець. На токарно-гвинторізних верстатах різцем наносять різі на циліндричних і конічних поверхнях, а також спіральні канавки на торцевих поверхнях заготовок. Для нанесення різей застосовують також плашки і мітчики, а для оброблення отворів – свердла, зенкери, розвертки.

Свердління, розточування

На свердлильних та розточувальних верстатах виконують свердління, зенкерування, зенкування, розточування отворів різцями, розвертування, цекування, нанесення різі мітчиком та ін.

Свердління – найпоширеніший спосіб отримання отворів у суцільному матеріалі, що виконується за допомогою свердла. Збільшення вже існуючих отворів свердлом називають розсвердлюванням.

Зенкеруванням називають обробку попередньо отриманих циліндричних просвердлених, литих або штампованих отворів зенкером для надання їм необхідної геометричної форми, розмірів і шорсткості поверхні. Зенкер, що використовується для цього, має конструктивні елементи, подібні до свердла. Відміна лише в тому, що зенкер не має поперечного леза, а різальних лез у нього не два, а три або чотири. Отвори також можуть розточуватися різцями при необхідності додержання точної співвісності отворів.

Обробка отворів з метою отримання точних розмірів і малої шорсткості називають розвертуванням. Робоча частина розвертки, подібно до свердла, має забірний конус і калібрувальну частину, далі за нею є ділянка зі зворотним конусом для зменшення тертя.

Зенкування – це утворення циліндричних або конічних заглиблень у попередньо виконаних отворах під головки болтів, гвинтів тощо. Здійснюють зенкування за допомогою циліндричних або конічних зенкерів (зенківок).

Цекування – це оброблення торцевих поверхонь під гайки, шайби й кільця з використанням ножів (пластин) або торцевих зенкерів.

Фрезерування

Фрезерування – один з найпродуктивніших і найпоширеніших методів обробки різанням. На фрезерних верстатах обробляють горизонтальні,

вертикальні й похилі площини, фасонні поверхні; фрезерують пази і шпонкові канавки, зубці прямозубих й гвинтових зубчастих коліс; набором фрез обробляють складні поверхні, виконують різі.

Стругання, довбання, протягування

Стругання – це обробка поверхонь, яка виконується за наявності двох рухів: прямолінійного зворотно-поступального головного руху різця або заготовки в горизонтальній площині та переривчастого поступального руху подачі різця чи заготовки, перпендикулярного до напрямку головного руху. При струганні процес різання переривчастий, і стружка зрізається тільки при прямому (робочому) русі.

Зубонарізання

При зубонарізанні розрізняють два основних методи профілювання бокових поверхонь зубців зубчастих коліс: копіювання та обкочування (огинання). Метод копіювання полягає в прорізанні западини фасонним інструментом, форма різальних лез якого відповідає обрису западини між двома сусідніми зубцями зубчастого колеса.

Шліфування

На верстатах шліфувальної групи деталі обробляють методами шліфування, тонкого шліфування і точіння, хонінгування, суперфінішування, притирання, полірування, абразивно-рідкого полірування.

Шліфування – це процес обробки поверхні металу абразивним (шліфувальним) інструментом (шліфувальними кругами, брусками, шкуркою). Абразивний інструмент складається з зерен абразивного матеріалу, скріплених між собою зв'язувальною речовиною. Шліфування є основним методом одержання виробів високої точності з незначною шорсткістю поверхні та застосовується переважно для завершальної чистової обробки.

2.2.2 Види робіт, які виконують на верстатах токарної групи

Верстати токарної групи використовують для обробки циліндричних, конічних, фасонних (зовнішніх і внутрішніх) поверхонь обертання, а також для обробки площин, перпендикулярних до осі обертання заготовки. Для верстатів токарної групи основним інструментом є різці.

За технологічним призначенням розрізняють різці (рис. 2.2): прохідні 4, 7, 8, 9, 11 для обточування зовнішніх циліндричних і конічних поверхонь; підрізні 12 для точіння плоских торцевих поверхонь;

розточувальні 13 для розточування наскрізних і 14 для глухих отворів; відрізни 3, 5 для відрізання заготовок; різеві 15 для нарізання зовнішніх і внутрішніх різей (на рис. 2.2 показаний різець для внутрішніх різей); фасонні круглі 18 і призматичні 16, 17 для точіння фасонних поверхонь, прорізні для точіння кільцевих канавок; галтельні – для обточування місць переходу між поверхнями валів по радіусу та інші.

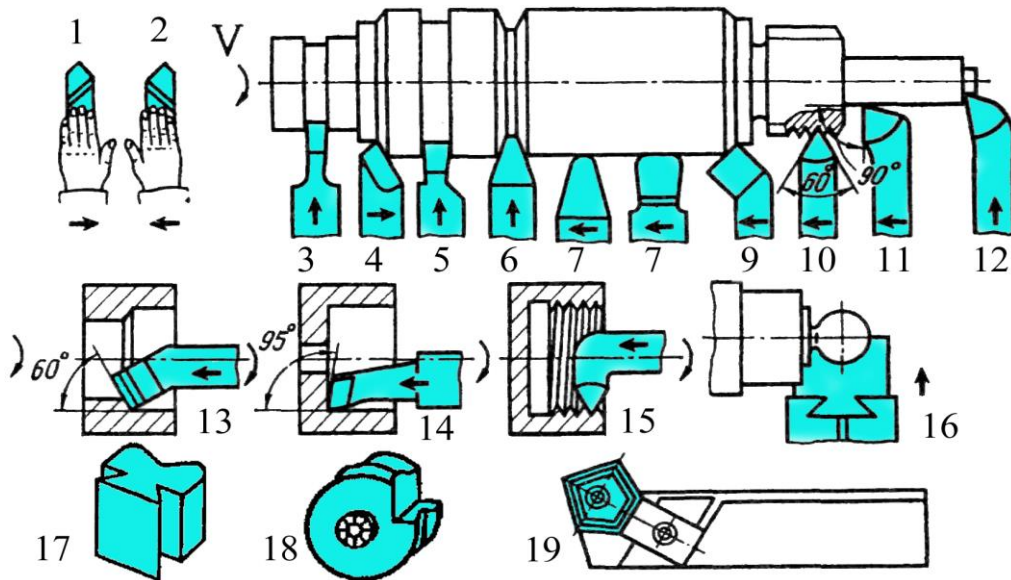


Рисунок 2.2 – Типи токарних різців: 1 і 2 – відповідно, ліві і праві різці; 4, 6, 7 – прямі різці; 9, 13 – відігнуті; 3, 5 – відрізни з витягнутою головкою; 4, 7, 8, 9 – прохідні; 11 – прохідний упорний; 12 – підрізний; 13, 14 – розточувальні; 16, 17, 18 – фасонні; 10, 15 – для нарізання різі, зовнішньої і внутрішньої відповідно

На токарно-гвинторізних верстатах різцем наносять різі на циліндричних і конічних поверхнях, а також спіральні канавки на торцевих поверхнях заготовок. Для нанесення різей застосовують також плашки і мітчики, а для оброблення отворів – свердла, зенкери, розвертки.

Циліндричну зовнішню поверхню обробляють прохідним різцем за схемою, зображеною на рис. 2.3, а. Тут заготовка здійснює головний рух різання D_T , а різець виконує рух поздовжньої подачі $S_{ПД}$ у напрямку, паралельному осі обертання заготовки.

Для обробки конічної зовнішньої поверхні напрямок подачі S_K (рис. 2.3, б) повинен мати відповідний кут з віссю обертання заготовки.

Перед точінням зовнішніх поверхонь заготовки обробляють один або два її торці. Торці обробляють (підрізають) підрізними різцями з поперечною подачею до центра (рис. 2.3, в) або від центра заготовки.

На токарно-гвинторізних верстатах нарізають зовнішню та внутрішню різь. Різь нарізають різевими різцями, форма різальних лез яких

визначається профілем і розмірами поперечного перерізу нарізуваних різей. Різець встановлюють на верстаті за шаблоном. Різь (рис. 2.3, г) нарізають за допомогою поздовжньої подачі різця $S_{ПД}$ при обертальному русі заготовки зі швидкістю V . При нарізуванні різі поздовжній супорт одержує поступальний рух від ходового гвинта, змонтованого на фартусі верстата. Це необхідно для того, щоб різець одержував рівномірний поступальний рух, який забезпечить сталість кроку різі, що нарізається (умовою нарізання різі різевим різцем є його переміщення за один оберт заготовки на один крок різі).

При налагоджуванні токарно-гвинторізного верстата та нарізання різі з заданим кроком, необхідно розрахувати число зубів змінних зубчастих коліс гітари.

Фасонну поверхню обробляють спеціальним фасонним різцем за наявності поперечної $S_{П}$ (рис. 2.3, д) або поздовжньої подачі. В деяких випадках для цієї мети можна використати прохідний різець і одночасно дві подачі – поздовжню та поперечну.

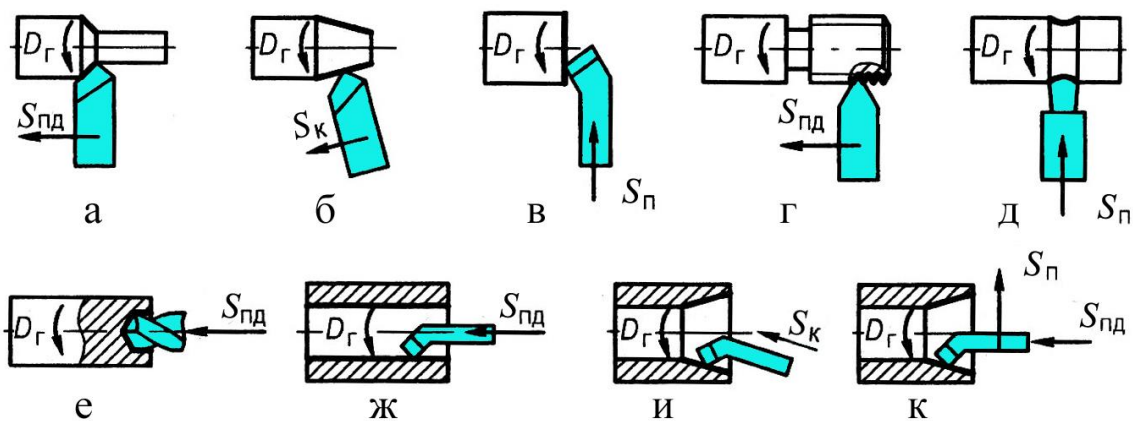


Рисунок 2.3 – Схеми обробки на верстатах токарної групи: циліндричної зовнішньої поверхні (а), конічної зовнішньої поверхні (б), плоскої поверхні (в), зовнішньої різі (г), фасонної поверхні (д), циліндричної внутрішньої поверхні (е, ж), конічної внутрішньої поверхні (и, к), D_r – головний рух різання, $S_{ПД}$ – рух поздовжньої, $S_{П}$ – рух поперечної, S_K – рух кутової подачі

Для обробки циліндричних внутрішніх поверхонь в суцільному матеріалі застосовують свердла. Свердління, зенкерування, зенкування і розвертання отворів виконують за допомогою відповідних інструментів, закріплених в пінолі задньої бабки. Інструмент виконує поздовжню подачу (наприклад, свердління – рис. 2.3, е). За наявності отвору в заготовці обробку виконують розточувальним різцем (рис. 2.3, ж).

Конічні внутрішні поверхні в заготовках з отвором отримують за допомогою розточувального різця з напрямком подачі під кутом до осі

обертання заготовки (рис. 2.3, и) або з одночасним використанням поздовжньої й поперечної подач (рис. 2.3, к).

Східчасті вали обточують за двома схемами: розподілом припуску на частини (рис. 2.4, а) та розподілом заготовки деталей на частини (рис. 2.4, б). За першою схемою обробка заготовки деталі машини проходить із меншими глибинами різання, але загальний шлях різця буде більшим і при цьому різко зростає основний час ($T_{осн}$) механічної обробки. За другою схемою припуск з кожного східця видаляється зразу за рахунок обробки заготовки деталі з великою глибиною різання. При цьому $T_{осн}$ зменшується, але виникає необхідність у збільшеній потужності привода верстата.

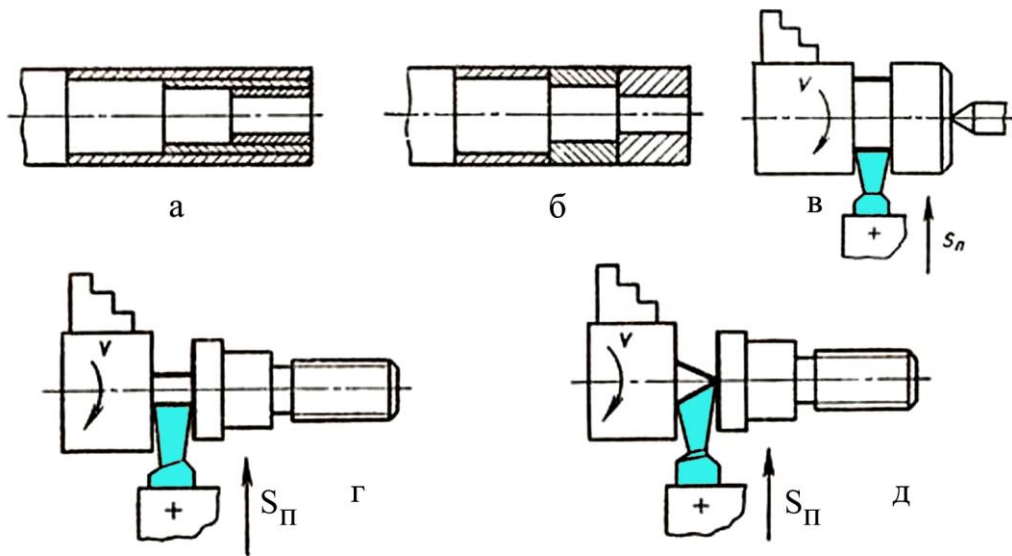


Рисунок 2.4 – Схеми обробки заготовок на токарно-гвинторізному верстаті

Канавки проточують з поперечною подачею прорізними різцями, довжина головного різального леза яких відповідає за розмірами ширині канавки, що проточується (рис. 2.4, в). Широкі канавки проточують такими ж різцями спочатку за допомогою поперечної, а потім – поздовжньої подачі.

При відрізанні деталі різцем з прямим головним різальним лезом (рис. 2.4, г) руйнується утворювана шийка, тому при цьому додатково підрізається торець готової деталі. При відрізанні деталі різцем з похилим різальним лезом (рис. 2.4, д) торець має оптимальну шорсткість, тому додатково його підрізати не потрібно. При обробці заготовок на верстатах напівавтоматах і автоматах оброблені деталі відрізають від прутка відрізними різцями з похилим різальним лезом.

2.2.3 Види робіт, які виконують на верстатах свердлильної групи

На свердлильних та розточувальних верстатах виконують свердління,

зенкерування, зенкування, розточування отворів різцями, розвертування, цекування, нанесення різі мітчиком та ін.

Як інструмент на свердлильних верстатах використовують свердла, зенкери, розвертки, мітчики і комбіновані інструменти.

Свердло застосовують для обробки отворів у суцільному матеріалі. За конструкцією свердла поділяють на спіральні, центрувальні та спеціальні. Спіральне свердло складається з робочої частини l_5 (рис. 2.5, а), шийки l_3 і хвостовика l_6 . Водночас робоча частина має різальну l_1 і напрямну l_2 частини.

Зенкер призначений для обробки отворів, попередньо отриманих литтям, штампуванням чи свердлінням. Спіральний циліндричний зенкер (рис. 2.5, б) відрізняється від свердла більшою кількістю головних різальних ребер, що забезпечує краще його спрямування, високу продуктивність і точність. З метою зменшення тертя напрямна частина l_2 зенкера має незначну зворотну конусність.

Зенківка – багатолезовий інструмент, що служить для обробки в наявних отворах заглибин конічної (рис. 2.5, д) або циліндричної форм, а також фасок.

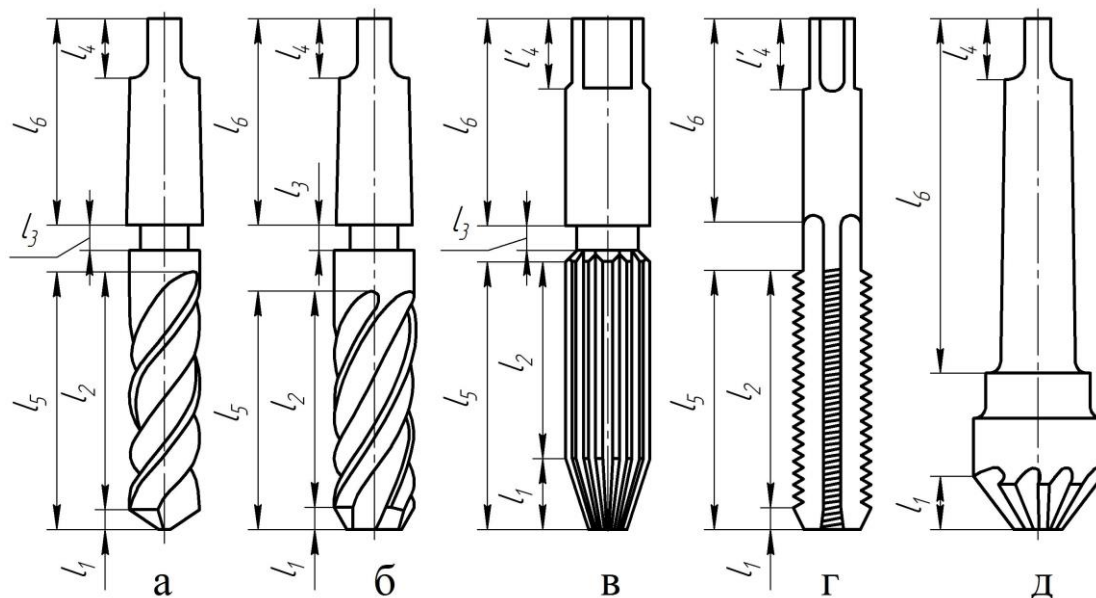


Рисунок 2.5 – Різальні інструменти для обробки отворів:
спіральне свердло (а); зенкер (б); розвертка (в); мітчик (г); зенківка (д);
 l_1 – різальна частина; l_2 – напрямна та калібрувальна частини; l_3 – шийка;
 l_4 – лапка; l_4' – квадрат; l_5 – робоча частина; l_6 – хвостовик

Розвертка є багатолезовим інструментом, який використовується для кінцевої обробки отвору після свердління, зенкерування чи розточування і забезпечує високу точність розміру та якість поверхні. За конструкцією розвертки поділяються на циліндричні, конічні та ступеневі (рис. 2.5, в).

Мітчиком нарізають внутрішню різь в отворі, робоча частина (рис. 2.5, г) мітчика має форму гвинта з поздовжніми напрямними або спіральними рівчачками, які утворюють різальні ребра. Конічна різальна частина поступово прорізує різь, а калібрувальна частина остаточно її формує.

На свердлильних верстатах свердлять, зенкерують, розвертують, нарізають різі та обробляють складні комбіновані отвори.

Свердління – найпоширеніший спосіб виготовлення отворів у суцільному матеріалі, що виконується за допомогою свердла. Свердлінням отримують наскрізні й глухі циліндричні отвори (рис. 2.6, а). Залежно від необхідної точності і розміру партії оброблюваних заготовок деталей машин отвори свердлять в кондукторі (напрямний пристрій) або за розміткою.

Розсвердлювання – це процес збільшення діаметра попередньо просвердленого отвору за допомогою свердла більшого діаметра (рис. 2.6, б). Розсвердлюють, як правило, отвори діаметром більше 30 мм.

Зенкерування – це обробка попередньо одержаних отворів для надання їм більш правильної геометричної форми, підвищення їх точності та зниження шорсткості за допомогою багатолезового різального інструмента – зенкера (рис. 2.6, в).

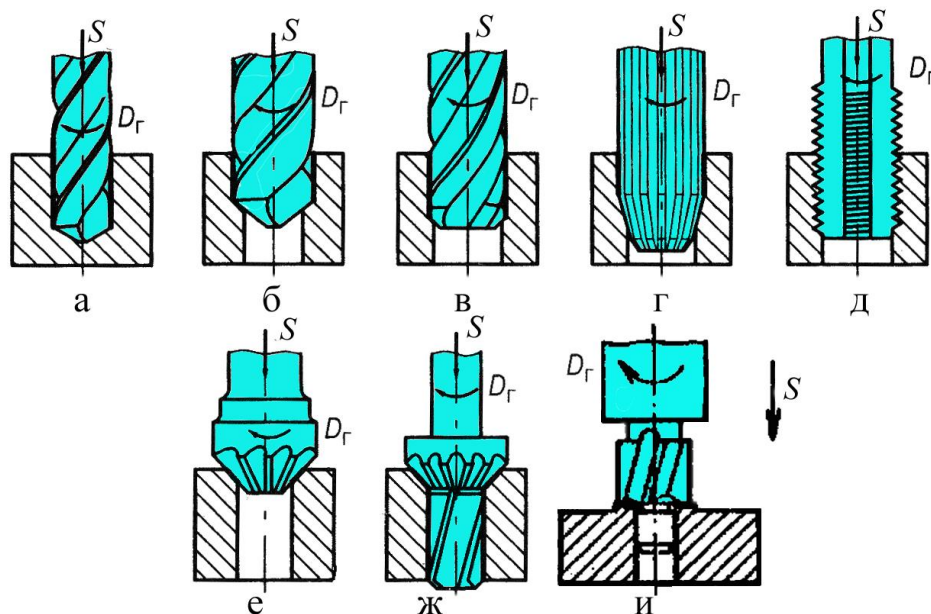


Рисунок 2.6 – Види робіт, які можна виконувати на свердлильних верстатах: а – свердління; б – розсвердлювання; в – зенкерування; г – розвертування; д – нарізання внутрішньої різі мітчиком; е – зенкування конічної поверхні в отворі; ж – обробка циліндричної та конічної поверхонь в отворі комбінованим інструментом зенкер-зенківка; и – цекування; D_r – головний рух різання; S – рух подачі

Розвертування – це остаточна обробка циліндричного або конічного отвору розверткою (як правило, виконується після зенкерування) з метою

одержання більш високого квалітету точності і зменшених параметрів шорсткості обробленої поверхні (рис. 2.6, г).

Нарізання різи – це одержання на внутрішній циліндричній поверхні в попередньо оброблених отворах за допомогою мітчика гвинтової канавки, профіль якої відповідає профілю різальної частини (рис. 2.6, д).

Зенкування – це одержання в оброблених отворах циліндричних чи конічних заглиблень під головки гвинтів, болтів, заклепок та інших деталей у попередньо просвердлених отворах за допомогою інструмента зенківки (рис. 2.6, е).

Одночасну обробку в отворі, наприклад, циліндричної та конічної поверхонь виконують (рис. 2.6, ж) спеціальним комбінованим інструментом.

Цекування – це обробка торцевої поверхні отвору цеківкою (торцевим зенкером) для досягнення перпендикулярності плоскої торцевої поверхні отвору відносно його осі (рис. 2.6, и).

2.2.4 Види робіт, які виконують на верстатах фрезерної групи

Фрезерування – один з найпродуктивніших і найпоширеніших методів обробки різанням. На фрезерних верстатах обробляють горизонтальні, вертикальні й похилі площини, фасонні поверхні; фрезерують пази і шпонкові канавки, зубці прямозубих й гвинтових зубчастих коліс; набором фрез обробляють складні поверхні, виконують різи тощо.

Схеми фрезерування поверхонь на горизонтально- і вертикально-фрезерних верстатах зображено на рис. 2.7.

Горизонтальні площини фрезерують на горизонтально-фрезерних верстатах циліндричними фрезами (рис. 2.7, а) і на вертикально-фрезерних – торцевими фрезами (рис. 2.7, б). За допомогою циліндричних фрез доцільно обробляти горизонтальні площини шириною до 120 мм, причому довжина фрези має бути більшою за ширину заготовки, що обробляється. В більшості випадків такі площини доцільніше обробляти торцевими фрезами, тому що збільшена жорсткість їх кріплення в шпинделі забезпечує покращені умови обробки (кількість одночасно працюючих зубців торцевої фрези перевищує кількість одночасно працюючих зубців циліндричної фрези).

Вертикальні площини фрезерують на горизонтально-фрезерних верстатах торцевими фрезами (рис. 2.7, в) і торцевими фрезерними головками, а на вертикально-фрезерних верстатах – кінцевими фрезами (рис. 2.7, г).

Похилі площини фрезерують торцевими (рис. 2.7, д) і кінцевими (рис. 2.7, е) фрезами на вертикально-фрезерних верстатах, що мають можливість повороту фрезерної головки разом із шпинделем у вертикальній площині. Фаски фрезерують на горизонтально-фрезерному верстаті однокутовою фрезою (рис. 2.7, ж).

Комбіновані поверхні фрезерують за допомогою набору фрез (рис. 2.7, и) на горизонтально-фрезерних верстатах. Точність взаємного розташування оброблених поверхонь залежить від жорсткості кріплення фрез (довжини оправки). З цією метою застосовують додаткові опори, уникають використання пропорційних за діаметром фрез (рекомендоване відношення діаметрів фрез не більше 1,5).

Уступи і прямокутні пази фрезерують дисковими (рис. 2.7, к) і кінцевими (рис. 2.7, л) фрезами на горизонтально- і вертикально-фрезерних верстатах. Уступи і пази доцільно фрезерувати за допомогою дискових фрез, оскільки вони мають більшу кількість зубців і забезпечують обробку зі збільшеними швидкостями різання.

Фасонні пази фрезерують фасонною дисковою фрезою (рис. 2.7, м), кутові пази – за допомогою однокутових і двокутових фрез (рис. 2.7, н) на горизонтально-фрезерних верстатах. Пази типу «ластівчин хвіст» фрезерують на вертикально-фрезерному верстаті за два технологічних проходи: прямокутний паз отримують за допомогою кінцевої фрези; скоси паза обробляють кінцевою однокутовою фрезою (рис. 2.7, п). Т-подібні пази (рис. 2.7, р), які широко застосовують в машинобудуванні як кріпильні (наприклад, в столах фрезерних верстатів), фрезерують, як правило, теж за два технологічних проходи: спочатку обробляють вузьку прямокутну частину паза за допомогою кінцевої фрези, а потім спеціальною фрезою для обробки Т-подібних пазів формують розширену нижню частину паза.

Закриті шпонкові пази фрезерують за допомогою кінцевих фрез (рис. 2.7, с), а відкриті – кінцевих або шпонкових (рис. 2.7, т) на вертикально-фрезерних верстатах. Точність обробленого шпонкового паза є важливою умовою при фрезеруванні, тому що від неї залежить характер посадки на шпонку сполучених з валом деталей. Фрезерування шпонковою фрезою забезпечує підвищену точність шпонкового паза, оскільки при переточуванні по торцевих зубах діаметр шпонкової фрези практично не змінюється.

Пази під сегментні шпонки фрезерують на горизонтально-фрезерних верстатах дисковими фрезами (рис. 2.7, у). Заготовці при цьому надають вертикальну подачу.

Фасонні поверхні незамкненого контуру з криволінійною твірною і прямолінійною напрямною фрезерують на горизонтально- і вертикально-фрезерних верстатах фасонними фрезами відповідного профілю (рис. 2.7, ф). Застосування фасонних фрез є ефективним за умови обробки вузьких та довгих фасонних поверхонь. В інших випадках застосовують набори фасонних фрез.

Фрезерування циліндричних зубчастих коліс виконується на горизонтально- і вертикально-фрезерних верстатах.

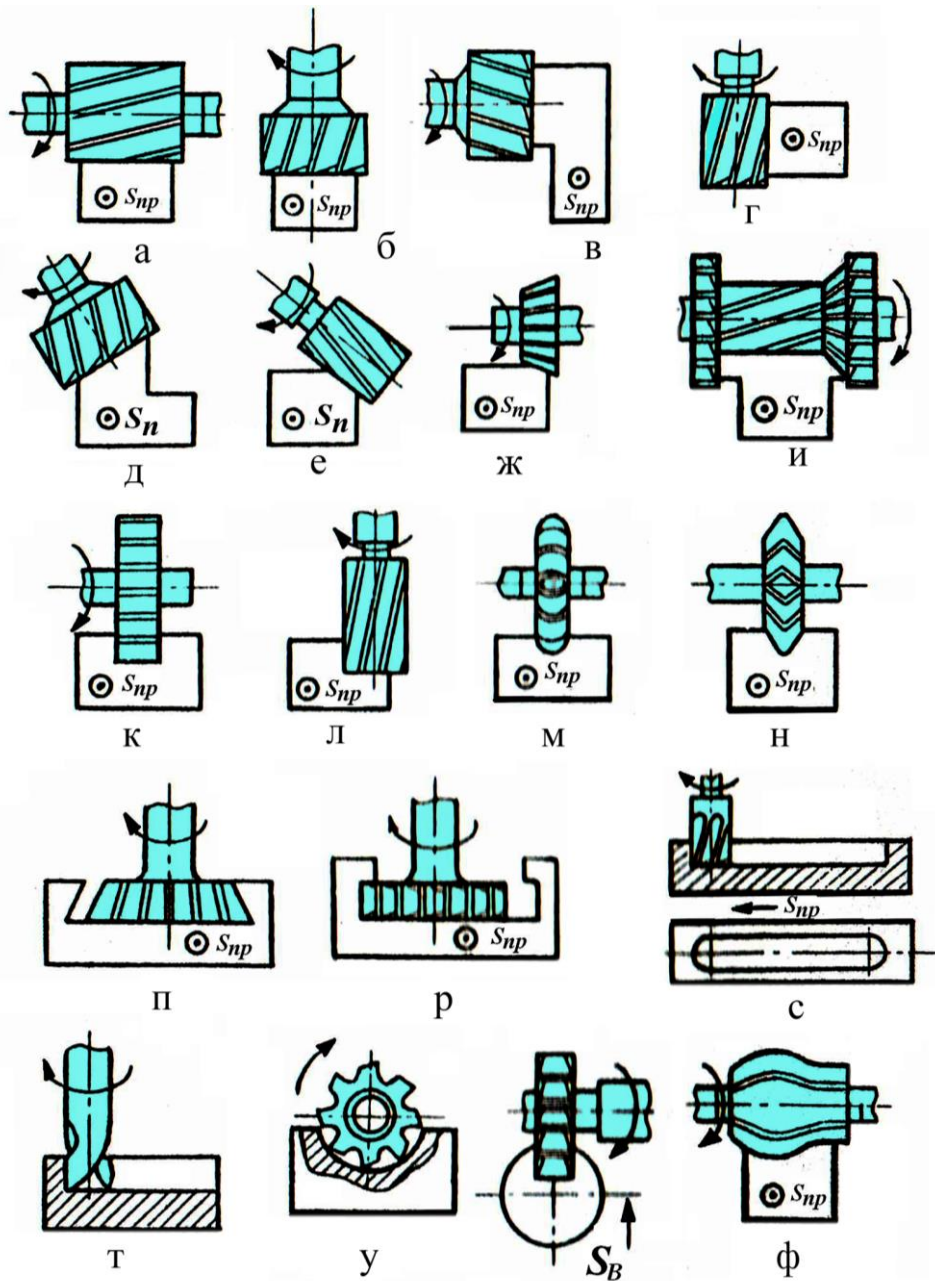


Рисунок 2.7 – Схеми обробки поверхонь заготовок на горизонтально- та вертикально-фрезерних верстатах

2.2.5 Види робіт, які виконують на стругальних, довбальних та протягувальних верстатах

Стругання – це обробка поверхонь, яка виконується за наявності двох рухів: прямолінійного зворотно-поступального головного руху різця або заготовки в горизонтальній площині та переривчастого поступального руху подачі різця чи заготовки, перпендикулярного до напрямку головного руху. При струганні процес різання переривчастий і стружка зрізається тільки при прямому (робочому) русі.

Стругання широко застосовують при виготовленні невеликої кількості

деталей в ремонтних і інструментальних цехах машинобудівних заводів. Така обробка пов'язана з видаленням із заготовки великих об'ємів металу. Порівняно з іншими технологічними методами формоутворення, стругання економічно більш вигідне внаслідок простоти конструкції і малої вартості різального інструменту. Струганням утворюють (рис. 2.8) вертикальні 1, горизонтальні 2 і похилі 3 поверхні, уступи 7, пази 5, канавки 4 і рідше – криволінійні поверхні 6.

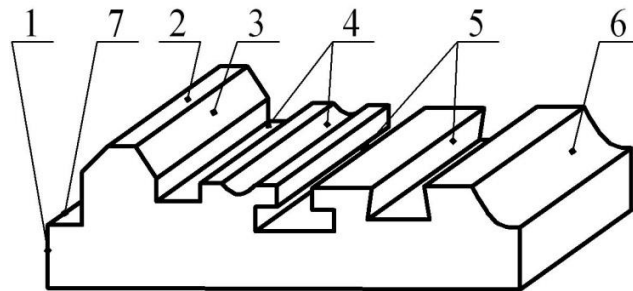


Рисунок 2.8 – Типові поверхні, одержувані при струганні

На стругальних верстатах найчастіше обробляють площини, пази, уступи та лінійні фасонні поверхні великогабаритних або одночасно декількох оброблених заготовок, менших за розмірами.

Довбальні верстати також застосовують для обробки внутрішніх і зовнішніх вертикальних площин, лінійних фасонних поверхонь, прорізання шпонкових та інших пазів, а також для одержання багатогранних отворів. Довбальні верстати застосовують в одиничному та дрібносерійному виробництвах, зазвичай, при відсутності фрезерних верстатів.

Стругальні верстати (особливо поздовжньо-стругальні) більш широко, ніж довбальні, використовують як в одиничному, так і дрібносерійному виробництвах завдяки їхній універсальності, простоті виготовлення робочого інструменту та налагоджування.

Для формоутворення плоскої горизонтальної поверхні різець виконує зворотно-поступальний хід, що є головним рухом різання D_r і характеризується швидкостями робочого ходу V_p (швидкістю різання) і холостого ходу V_x . Прямолінійний переривчастий рух заготовки або інструмента є рухом подачі S .

Рух подачі S забезпечує послідовне врізання різця в шар матеріалу, що підлягає видаленню з заготовки. Рух подачі надають заготовці періодично в кінці кожного холостого ходу. Рух подачі S характеризується відносним прямолінійним переміщенням різця і заготовки за один подвійний хід і має розмірність мм/пдв.х.

При струганні вертикальної і похилої площин (рис. 2.9, а–д) різець рухається зі швидкістю різання і одночасно з вертикальною S_B або кутовою

S_K подачею. Прямокутні пази і фасонні канавки обробляють прорізними (рис. 2.9, в) і фасонними (рис. 2.9, г) різцями із вертикальною подачею S_B . Уступи обробляють підрізними різцями зі швидкістю вертикальної подачі S_B (рис. 2.9, д). Стругання паза типу «ластівчин хвіст» здійснюють в три прийоми. Спочатку обробляють прямокутний паз (рис. 2.9, в), а потім послідовно – бічні сторони паза (рис. 2.9, е) підрізними різцями із подачею S_K .

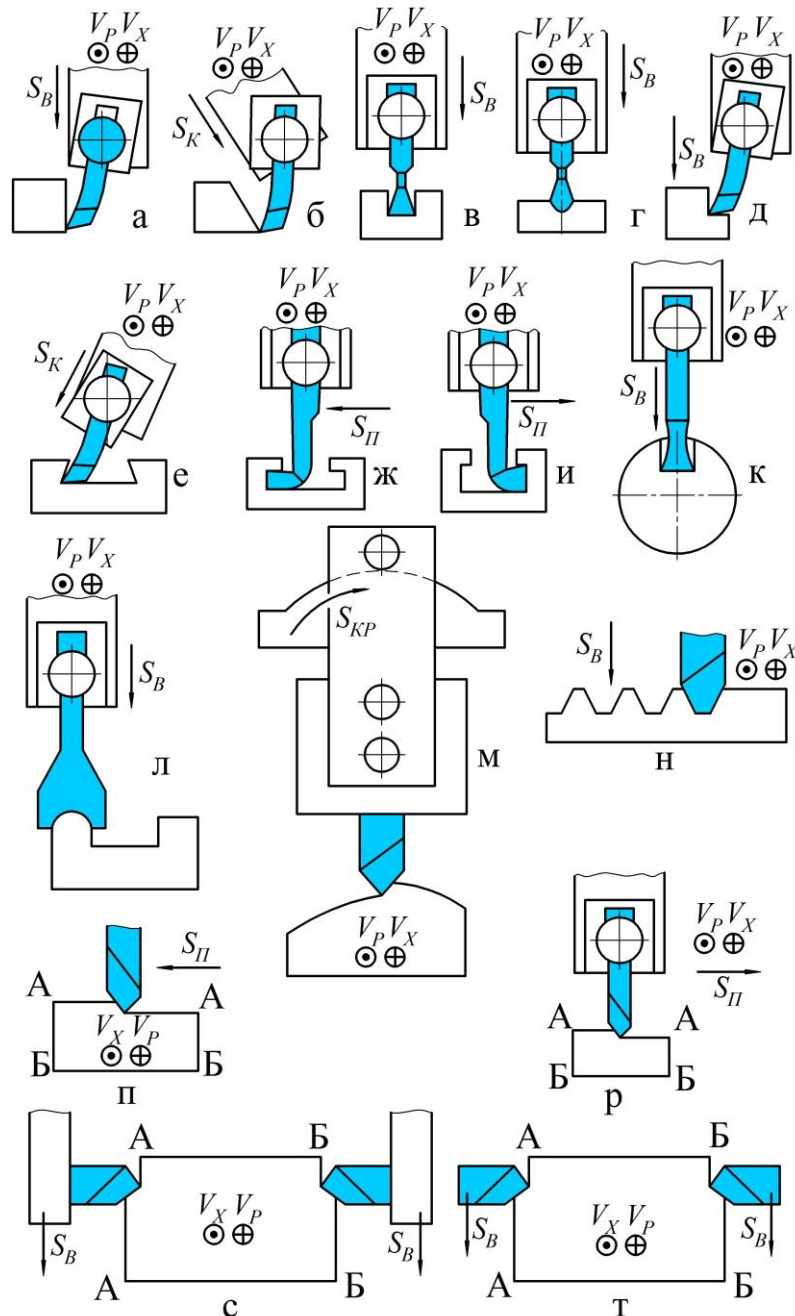


Рисунок 2.9 – Схеми руху при виконанні робіт на стругальних верстатах

Стругання паза на поперечно-стругальному і повздовжньо-стругальному верстатах виконується однотипно. На рисунку 2.9 (ж), (и)

наведені схеми виконання Т-подібного паза. Спочатку обробляють середню частину паза, потім ліву частину (рис. 2.9, в, ж), і, нарешті, праву (рис. 2.9, и). На рисунку 2.9 (к) показано стругання шпонкових пазів звичайними пазовими різцями відповідної ширини.

На стругальних верстатах частіше виконують зовнішні шпонкові канавки. Для обробки фасонних поверхонь використовують фасонні різці (на поперечно-стругальних верстатах) (рис. 2.9, г, л), на повздовжньо-стругальних верстатах – поворотні пристосування і копіювальні пристрої (рис. 2.9, м). На стругальних верстатах можна виконувати різноманітні за формою поверхні, наприклад, виготовити зубчасту рейку (рис. 2.9, н): западини зубів послідовно обробляють при вертикальній подачі супорта, після чого здійснюють процес розподілу і обробляють наступну западину. При використанні ділильних головок можна обробити зубчасте колесо, кулачки та інші фасонні поверхні.

При обробці паралельних горизонтальних поверхонь АА та ББ, як на поперечно-стругальних (рис. 2.9, п), так і на повздовжньо-стругальних (рис. 2.9, р) верстатах, спочатку обробляють поверхню АА, потім заготовку перевертають і обробляють поверхню ББ. Для підвищення продуктивності повздовжньо-стругальних верстатів при обробці паралельних вертикальних площин можна проводити стругання одночасно двох площин АА і ББ двома різцями, встановленими або у верхніх (рис. 2.9, с), або в бічних супортах (рис. 2.9, т). У обох випадках різці рухаються з вертикальною подачею S_B . Залежно від розмірів заготовки можливе поєднання різних варіантів обробки на основі цих двох схем.

Складні контурні поверхні, шпонкові пази та інші криволінійні контури в циліндричних і конічних отворах переважно виконують на довбальних верстатах, оскільки це технологічно простіше.

Довбальний верстат має поздовжню, поперечну і кругову подачі стола, що дозволяє обробляти з одного установа декілька простих і складних поверхонь заготовки при послідовному вмиканні то однієї, то іншої подачі стола. На довбальному верстаті можна одночасно обробляти декілька заготовок, зібраних в пакет, при цьому можна ставити вгорі пакета оброблену заготовку, яка служить шаблоном при обробці подальших.

Протягування – це високопродуктивний та високоточний метод обробки різанням наскрізних отворів та зовнішніх лінійних поверхонь, здійснюваний протяжками.

Протяжка – це багатозубий різальний інструмент, форма якого відповідає формі обробленого отвору або зовнішній поверхні деталі. Протяжці (рис. 2.10) надається тільки один головний рух – різання, а рух подачі закладений в самому інструменті (в самій конструкції протяжки). Для того, щоб зуби могли знімати певний шар матеріалу, кожний наступний зуб має збільшення над попереднім, так званий підйом на зуб S_Z (рис. 2.11). Він може бути однаковим для всіх зубів або змінюватися при

переході від однієї групи зубів до іншої. Основні поверхні, отримувані протягуванням, зображені на рис. 2.12.

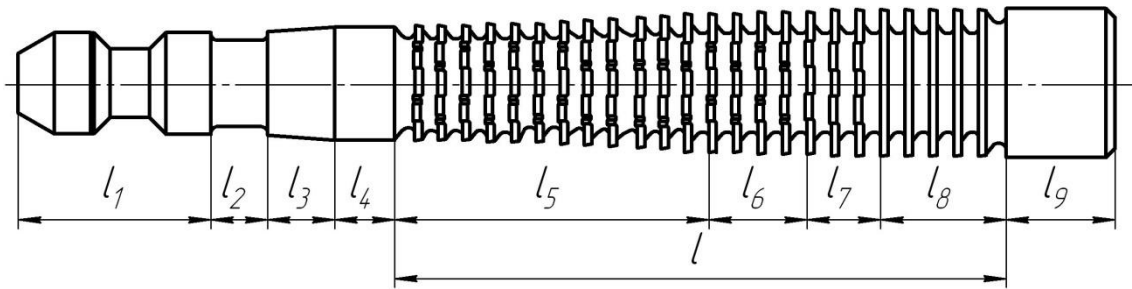


Рисунок 2.10 – Основні параметри внутрішньої протяжки:
 l – робоча довжина; l_1 – передній хвостовик; l_2 – шийка;
 l_3 – напрямний конус; l_4 – передня напрямна частина;
 l_5 – чорнова частина; l_6 – перехідна частина; l_7 – чистова частина;
 l_8 – калібрувальна частина; l_9 – задня напрямна частина

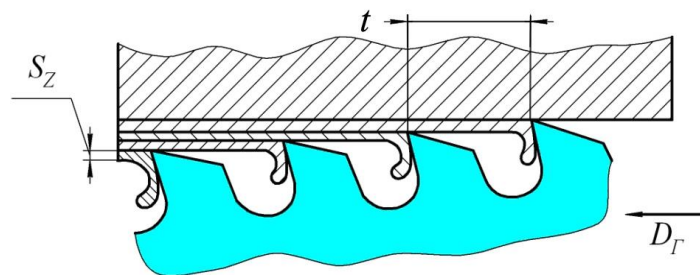


Рисунок 2.11 – Зрізування припуску при протягуванні

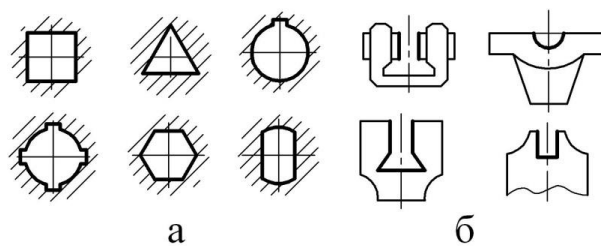


Рисунок 2.12 – Приклади контурів поверхонь оброблюваних протяжками:
 а – внутрішніх, б – зовнішніх

Прошивання подібне до протягування. Прошивання виконують на пресах або спеціальних верстатах, проштовхуючи крізь оброблюваний отвір заготовки. Довжина прошивки значно менша за довжину протяжки. Протягування застосовують в багатосерійному та масовому виробництвах, в деяких випадках замінюючи ним стругання, фрезерування, довбання чи розвертування.

2.2.6 Види робіт, які виконують на зубооброблювальних верстатах

При зубонарізанні розрізняють два основних методи профілювання бокових поверхонь зубів зубчастих коліс: копіювання та обкочування (огинання). При методі копіювання використовується інструмент, різальна кромка якого збігається за формою з профілем западини зубчастого вінця, наприклад, модульна фреза (дискова – рис. 2.13, а або кінцева – рис. 2.13, б) переміщається вздовж западини циліндричного колеса 2, в кожен момент часу залишаючи відбиток своєї форми. Після обробки однієї западини заготовку повертають на крок (рух розподілу) і обробляють наступну западину.

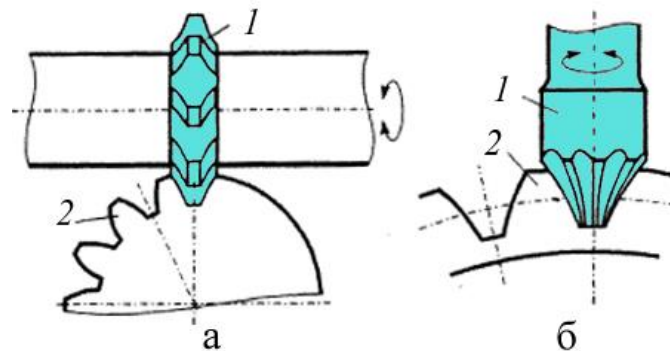


Рисунок 2.13 – Схема нарізання зубчастих коліс методом копіювання: а – дисковою модульною фрезою, б) – пальцевою модульною фрезою

Даний метод має свої недоліки: профіль зуба залежить від модуля і числа зубів колеса. Для точної обробки кожного колеса потрібна своя фреза. Тому необхідний великий набір складних фрез, що практично обмежується набором з 8 або 15 фрез для кожного модуля. При цьому однією фрезою нарізають колеса з різним числом зубів (у деякому інтервалі). Найменше з коліс інтервалу виходить з правильним профілем, інші колеса – не точно. Метод копіювання малопродуктивний.

Перевага методу копіювання – простота устаткування. Обробку можна вести на горизонтально- і вертикально-фрезерних верстатах з використанням ділильної головки. При зубонарізанні на горизонтально-фрезерному верстаті зазвичай використовують дискову модульну фрезу, а на вертикально-фрезерному – кінцеву модульну фрезу.

Метод копіювання використовується в одиничному виробництві, частіше при ремонтних роботах. Спеціальні зубодовбальні верстати з різцевою головкою забезпечують дуже високу продуктивність, їх застосовують в масовому виробництві.

Найбільш поширений метод – це метод обкочування. В цьому випадку різальний інструмент і заготовка обкочуються подібно ланкам зубчастої передачі.

При нарізанні зубчастих коліс методом обкочування (огинання)

профіль різальних кромок інструмента не збігається з профілем зубів колеса, що нарізається, а відповідає профілю зубів деякого зубчастого колеса або рейки, які називаються «похідним» колесом або рейкою, з якими колесо, що нарізається, знаходиться в зачепленні. Нарізають зуби зубчастих коліс за методом обкочування спеціальними інструментами на зубооброблювальних верстатах, найпоширеніші з яких – зубофрезерні, зубодовбальні та зубостругальні верстати.

На зубодовбальному верстаті довбач (рис. 2.14, б) і заготовка відтворюють зчеплення циліндричних коліс. У верстаті рух об'єкта (узгоджений рух довбача і заготовки) є складним формоутворювальним рухом, який призначений для створення форми зуба в поперечному перерізі евольвенти. Щоб видалити матеріал із западни оброблюваного колеса на торці довбача по всьому контуру створюють різальні кромки, а довбачу надають поворотно-поступального руху, який є також формоутворювальним рухом і служить для отримання форми зуба за довжиною. Довбачем можна нарізати зубчасту рейку. Для цього рух, який утворює профіль зуба, повинен складатися з обертання довбача і узгодженого з ним прямолінійного руху рейки. Різальною рейкою (гребінкою) нарізають циліндричні колеса (рис. 2.14, а).

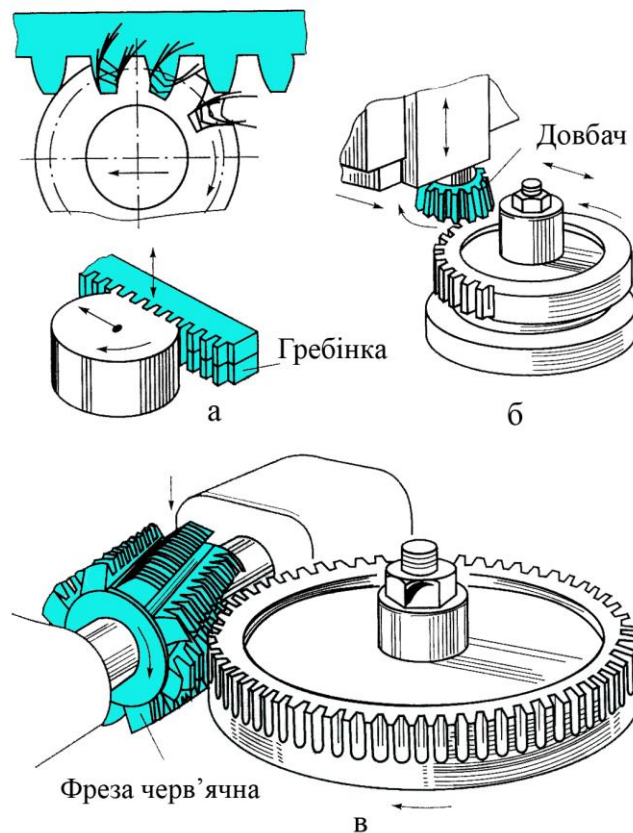


Рисунок 2.14 – Схема нарізання зубчастих коліс методом обкочування:
а) – гребінкою; б) – довбачем; в) – черв'ячною фрезою

При фрезеруванні зубів на зубофрезерному верстаті як інструмент використовується черв'ячна модульна фреза. При такому методі зубонарізання для одержання циліндричного зубчастого колеса, окрім головного обертового руху фрези (рис. 2.14, в), потрібно надати також вертикального переміщення подачі, а заготовці (майбутньому циліндричному зубчастому колесу) – примусового обертового руху, узгодженого з обертанням фрези так, ніби вони (заготовка і фреза) були у нормальному зчепленні.

Метод обкочування відрізняється високою продуктивністю і точністю. Перевага методу обкочування – універсальність різального інструменту: при одному модулі одним інструментом теоретично можна отримати зубчасті колеса з різним числом зубців.

2.2.7 Види робіт, які виконують на шліфувальних верстатах

Шліфування – це процес обробки поверхні металу абразивним (шліфувальним) інструментом (шліфувальними кругами, брусками, шкуркою).

Абразивний інструмент складається з зерен абразивного матеріалу, скріплених між собою зв'язувальною речовиною. Шліфування є основним методом одержання виробів високої точності з незначною шорсткістю поверхні та застосовується переважно для завершального чистового оброблення.

На відміну від різальних інструментів, абразивні зерна 1 в крузі 2 орієнтовані вільно, виступають на різну висоту з корпусу круга, а також мають значно більший, порівняно з різальним інструментом, радіус заокруглення різального леза r та від'ємний передній кут – $\gamma < 0^\circ$. Це приводить до того, що на досить значному проміжку шляху контакту між заготовкою 3 і вершиною зерна воно не зрізає стружку, а втискується в поверхню різання, пластично її деформуючи (рис. 2.15, а, б). Лише коли радіус заокруглення різального леза r стає більшим товщини зрізаного шару (рис. 2.15, в), починається процес зрізання стружки. Ця особливість процесу шліфування є причиною виникнення досить значних сил різання, інтенсивного тепловиділення, яке може приводити навіть до згоряння стружки і виникнення пригарів на обробленій поверхні.

Коли верхні зерна через значний тиск і температуру швидко зношуються, сили різання, що зростають, виривають їх із зв'язки, звільняючи місце для нових, ще гострих. Це явище проходить безперервно в процесі шліфування і називається самозагострюванням шліфувального круга.

На шліфувальних верстатах головним рухом різання є обертання шліфувального круга.

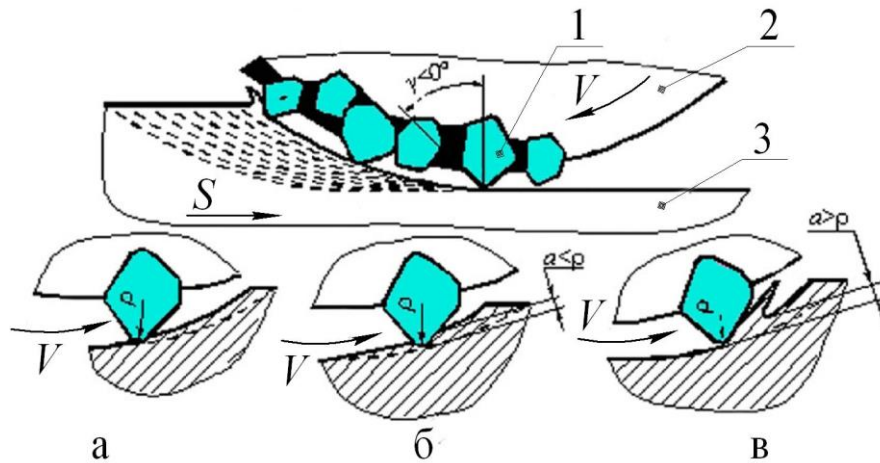


Рисунок 2.15 – Особливості різання абразивними зернами

Рухи подачі, як правило, виконуються заготовкою і самим кругом. Вони можуть бути поступальними або обертальними. Оскільки шліфувальний круг здатен знімати тільки малі товщини (0,02, ..., 0,1 мм), шліфування є багатопрохідним обробленням з декількома подачами (і поступальними, і обертливими), які реалізуються як одночасно, безперервно; так і періодично, дискретно.

Шліфувальні операції класифікуються за видом обробленої поверхні і подачі. Розрізняють:

- кругле зовнішнє шліфування (поздовжнє і врізне);
- кругле внутрішнє шліфування (поздовжнє і врізне);
- плоске шліфування периферією круга з поздовжньою і круговою подачею;
- плоске шліфування торцем круга з поздовжньою і круговою подачею.

Перший вид шліфування використовується для обробки циліндричних поверхонь заготовок значної довжини (рис. 2.16, а). За цією схемою для утворення циліндричної поверхні заготовка виконує круговий обертливий рух, а також переміщується в поздовжньому напрямку (зворотно-поступальний рух поздовжньої подачі). Величина поздовжньої подачі призначається від 0,2 до 0,8 ширини шліфувального круга для кожного оберту деталі. Оскільки шліфувальний круг може зрізати дуже малий шар металу, для зняття всього припуску він періодично, після кожного подвійного ходу заготовки, врізається на задану глибину (поперечна подача врізання). Після завершення подачі врізання заготовка виконує 2–3 подвійні вигладжувальні ходи для формування остаточно обробленої поверхні 2.

Якщо довжина оброблюваної поверхні невелика і не перевищує ширини шліфувального круга, більш продуктивним є процес врізного шліфування (рис. 2.16, б). За цією схемою круг крім обертання здійснює рух врізання (поперечна подача врізання) у заготовку, що обертається з

круговою подачею. Процес обробки закінчується, коли круг доходить до упора, після чого деталь виконує ще декілька вигладжувальних обертів.

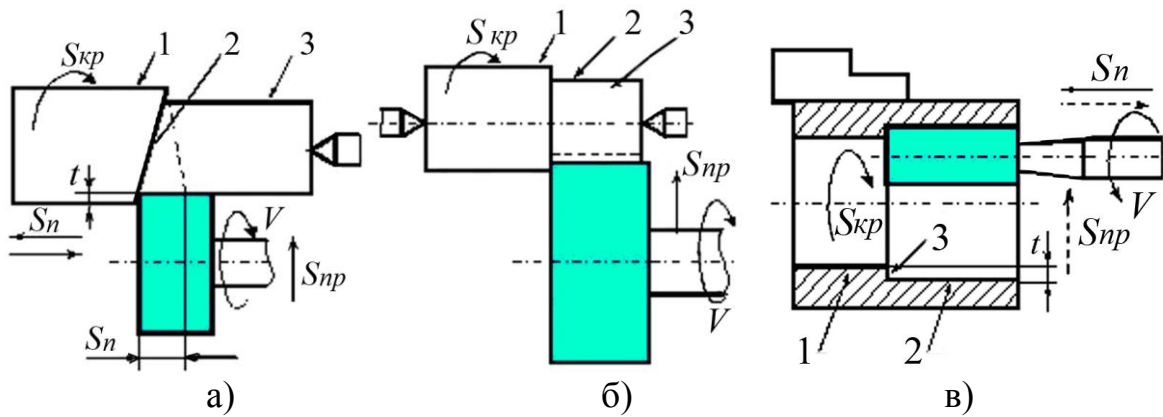


Рисунок 2.16 – Схеми циліндричного поздовжнього, врізного та внутрішнього шліфування

Обробка внутрішніх циліндричних поверхонь (рис. 2.16, в) виконується за такими ж кінематичними схемами, що і зовнішніх. Відмінність лише в тому, що через малу жорсткість кріплення шліфувального круга він може зрізати набагато менші шари металу, ніж при зовнішньому шліфуванні.

Обробка гладких (без уступів) зовнішніх циліндричних поверхонь може також здійснюватись за схемою безцентрового шліфування (рис. 2.17). Оброблювана заготовка 1 підтримується спеціальним ножем 2 між двома абразивними кругами, один із яких (3) є різальним, а інший (4) – ведучим. За рахунок того, що вісь обертання ведучого круга 4 нахилена під деяким кутом α до осі заготовки, він одночасно забезпечує її обертання з круговою подачею і просування вздовж осі зі швидкістю поздовжньої подачі. Процес безцентрового шліфування, як правило, є однопрохідною обробкою і здійснюється безперервно, забезпечуючи високу продуктивність праці.

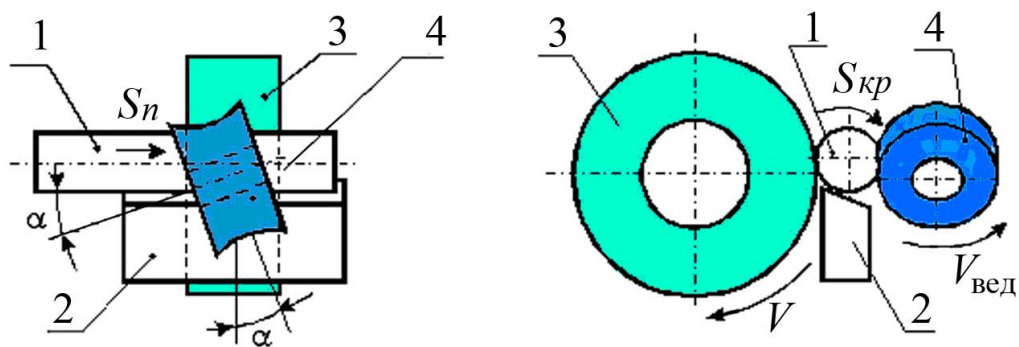


Рисунок 2.17 – Схема безцентрового шліфування

Плоскі поверхні можуть оброблятися або периферією круга (рис. 2.18, а), або його торцем (рис. 2.18, б). Як правило, ширина оброблюваної поверхні більша за ширину круга, тому, крім зворотно-поступального руху поздовжньої подачі заготовки $S_{\text{л}}$, сам круг здійснює поперечне переміщення з подачею $S_{\text{пр}}$ після кожного подвійного ходу стола. Величина поперечної подачі призначається від 0,2 до 0,8 ширини шліфувального круга для кожного оберту деталі.

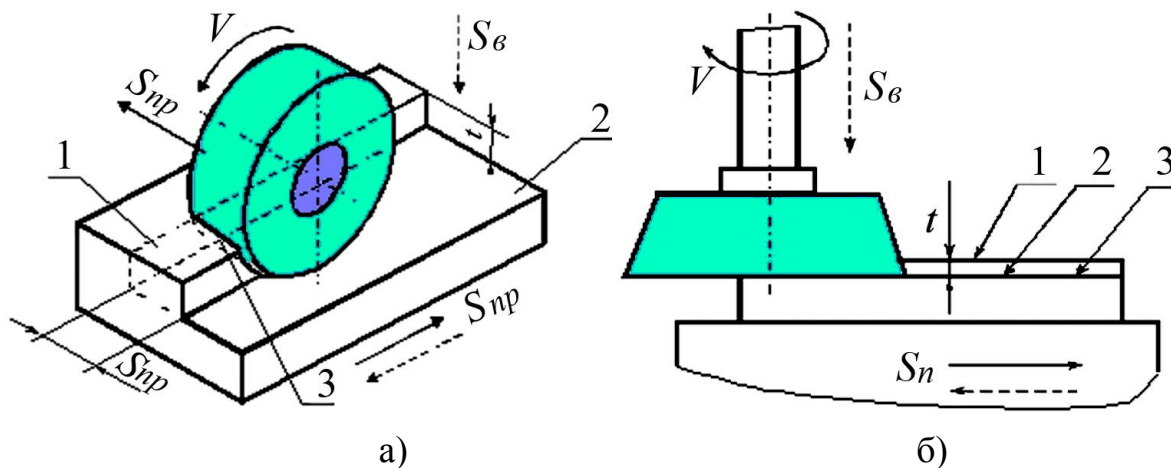


Рисунок 2.18 – Схеми плоского шліфування периферією (а) та торцем круга (б)

Аналогічно іншим способам шліфування, круг може зрізати дуже малий шар металу, тому для зняття всього припуску він періодично, після обробки всієї площини заготовки, вривається на задану глибину t (вертикальна подача вривання $S_{\text{в}}$). Після завершення подачі вривання виконується вигладжувальний цикл для формування остаточно обробленої поверхні 2.

Обробка площин торцем круга виконується за аналогічною схемою (рис. 2.18, б). Перевагою цього методу є те, що за один подвійний хід обробляється більша ширина поверхні, тому забезпечується вища продуктивність праці. Проте через значну площу контакту між кругом і заготовкою різко зростає тепловиділення і сили різання, тому дана схема вимагає значно більшої потужності верстата і деколи може давати пригари поверхні.

Обидві розглянуті схеми плоского шліфування можуть бути реалізовані при круговому рухові подачі, коли заготовки встановлюються на обертовому столі. Всі інші рухи, необхідні для реалізації обробки, залишаються без змін.

Для заточування деяких видів інструментів застосовують спеціалізовані заточувальні верстата. На таких верстатах можна, наприклад, виконувати заточування зубців плоских, круглих і шліцьових протяжок.

Окрім шліфування існують ще такі способи фінішної обробки металів.

Тонке шліфування – це обробка зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь при підвищених вимогах до точності розмірів, форми і високої якості поверхні. Високу точність виготовлення виробів забезпечує шліфування спеціальними м'якими високопористими кругами за рахунок зрізання дуже тонкої (5 мкм) стружки.

Тонке точіння здійснюють, застосовуючи великі швидкості різання при малій товщині шару, що зрізується. Найкращим матеріалом для тонкого точіння, за умов масового виготовлення виробів з кольорових металів і сплавів, вважають алмази, які характеризуються високою розмірною стійкістю. Для завершальної обробки заготовок з чорних металів застосовують різці з твердосплавними пластинами або пластинками з кубічного нітриду бору.

Хонінгування – метод завершальної обробки дрібнозернистими абразивними брусками. Такий інструмент закріплюють у спеціальній хонінгувальній головці, яка здійснює разом з ним обертальний (головний) рух і поступальне переміщення вздовж осі заготовки (рух подачі). Хонінгування застосовують здебільшого при обробці точних отворів.

Суперфінішування – метод тонкої кінцевої обробки для одержання дуже гладкої поверхні. Здійснюють його, використовуючи дрібнозернисті абразивні бруски, закріплені у спеціальній головці, за умов поєднання обертального і поступального рухів головки вздовж осі оброблюваної деталі та коливального руху брусків. Така обробка забезпечує шорсткість (чистоту) поверхні $R_a = 0,025; \dots; 0,012$ мкм.

Притирання забезпечує одержання точних розмірів (до 0,1 мкм) і дуже малу шорсткість поверхні ($R_a = 0,025, \dots, 0,012$ мкм). Обробку здійснюють з використанням так званого «притира», на поверхню якого наносять абразивну пасту або абразивний порошок, змішаний з маслом. Притирами служать різні диски, що обертаються, плити, бруски, кільця, стрижні з чавуну, міді, свинцю, твердих порід дерева та інше. Притирання виконують на універсальних і спеціальних притиральних верстатах або вручну.

Полірування – це кінцева обробка виробів дрібнозернистим абразивом зі зв'язкою (оливою, сумішшю воску, парафіну тощо), нанесеною на поверхню круга, диска або стрічки з м'якого еластичного матеріалу. Деталі після полірування добре працюють у потоках газів або рідини, іноді полірування використовують як попередню обробку декоративних виробів або перед нанесенням гальванічних покриттів.

Електрохімічне полірування – полірування, при якому виріб поміщають у гальванічну ванну, де під дією струму й електроліту витравлюються маленькі нерівності поверхні. Наприклад, вироби з міді полірують у п'ятидесятивідсотковому розчині ортофосфорної кислоти, в який опускають деталь і з'єднують її з анодом постійного джерела струму.

Як катод використовують свинцеву пластинку, розміри якої значно більші за виріб.

Абразивно-рідке полірування з використанням водно-абразивної суспензії (подають під тиском до 0,3 МПа на оброблювану поверхню) застосовують для кінцевої обробки фасонних деталей. Шорсткість поверхні за такого полірування залежить від зернистості абразиву.

Серед наведених методів обробки металів найпоширенішим у виробництві є шліфування.

Порядок виконання I пункту роботи (додаток А)

1. Проаналізувати вхідні дані (форму та конфігурацію деталі, матеріал та масу деталі, серійність виробництва).

2. Відповідно до завдання накреслити ескіз деталі.

3. Користуючись теоретичними відомостями, наведеними в підрозділі 2.2, та літературними джерелами, визначити поверхні, що потребують механічної обробки.

4. Вибрати можливі методи механічної обробки поверхонь та використовуване обладнання (оформити у вигляді таблиці 2.1).

Таблиця 2.1 – Методи механічної обробки поверхонь

№ з.п.	Поверхня	Метод обробки	Обладнання
1	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30f8$	Точіння Шліфування	Токарний верстат Шліфувальний верстат
2	Зовнішня плоска поверхня розміром 60×150	Фрезерування	Фрезерний верстат

2.3 Методи отримання необхідної точності розміру та шорсткості поверхні заданої деталі. Вибір обладнання

Вибір оптимальних методів механічної обробки полягає у виборі найбільш раціонального та економічного методу обробки поверхні деталі при забезпеченні вимог до точності та шорсткості оброблених поверхонь, вимог до взаємного розташування поверхонь, правильності геометричних форм та ін.

Вибір методів обробки поверхонь заготовок, методів і числа переходів попередньої обробки є достатньо складним технологічним завданням, від вдалого вирішення якого залежить якість готової деталі і економічність її виготовлення.

У загальному випадку методи попередньої та остаточної обробки поверхонь заготовок, а також маршрут обробки поверхонь заготовки визначають, виходячи з вимог, що висувуються до точності і якості поверхневого шару готової деталі (від яких залежать її експлуатаційні

властивості). При цьому враховують марку і властивості матеріалу початкової заготовки, спосіб її отримання, точність і розміри початкової заготовки, а також ряд інших чинників.

Послідовність операцій механічної обробки відповідних поверхонь деталі є маршрутом механічної обробки деталі (в маршруті також зображують ескізи обробки відповідних поверхонь та вказують використовуване обладнання).

2.3.1 Поняття про точність, розміри та квалітет

Точність в машинобудуванні має велике значення для підвищення експлуатаційних якостей машини та технології її виробництва.

Квалітет є мірою точності. Зі збільшенням квалітету точність знижується (допуск збільшується).

Допуск **TD** – різниця між найбільшим і найменшим граничними значеннями (розмірів, масової частки, маси), задається на геометричні розміри деталей, механічні, фізичні і хімічні властивості. Призначається (вибирається), виходячи з технологічної точності або вимог до виробу (продукту). Будь-яке значення параметра, що опиняється в заданому інтервалі, є допустимим.

Розмір – числове значення лінійної величини (діаметра, довжини і т. п.) у вибраних одиницях вимірювання.

Дійсний розмір – розмір елемента, встановлений вимірюванням.

Граничні розміри – два гранично допустимих розміри елемента, між якими повинен знаходитися (або будь-якому з них може дорівнювати) дійсний розмір.

Номинальний розмір – розмір, щодо якого визначаються відхилення.

Відхилення – різниця між розміром (дійсним або граничним) і відповідним номінальним розміром.

Дійсне відхилення – різниця між дійсним і відповідним номінальним розмірами.

Граничне відхилення – різниця між граничним і відповідним номінальним розмірами. Розрізняють верхнє і нижнє граничні відхилення.

Верхнє відхилення ES , es – різниця між найбільшим граничним і відповідним номінальним розмірами (ES – верхнє відхилення отвору; es – верхнє відхилення вала – рис. 2.19).

$$D_{EI}^{ES} \quad d_{ei}^{es}$$

Рисунок 2.19 – Граничні відхилення розмірів отвору та вала

Нижнє відхилення EI , ei – різниця між найменшим граничним і відповідним номінальним розмірами (EI – нижнє відхилення отвору; ei – нижнє відхилення вала).

$$TD = ES - EI = es - ei = D_{max} - D_{min} = d_{max} - d_{min} \quad [\text{мм}]. \quad (2.1)$$

Розмір деталі, його точність та інші характеристики можуть бути наведені на кресленні:

- у вигляді двох граничних відхилень між якими знаходиться дійсний розмір, наприклад $30^{+0.08}_{-0.2}$, $67_{-0.12}$, $105^{+0.08}$, $30^{+1.8}_{+0.2}$;

- поєднанням букв (букви) основного відхилення і номера квалітету, наприклад H8, h8, js6, k5;

- у вигляді числового значення допуску (дуже рідко) та ін.

Допуск за квалітетом може позначатися буквами IT з вказанням номера квалітету, наприклад IT8 – допуск за 8-им квалітетом.

Квалітети з 1-го до 4-го включно використовуються для виготовлення калібрів і контркалибрів.

Квалітети від 5-го до 12-го включно застосовують для виготовлення деталей, що створюють з'єднання з іншими деталями у вузлі.

Квалітети від 13-го до 18-го включно використовують для параметрів деталей, що не створюють з'єднань і не мають визначального впливу на роботу механізму.

На діаметри від 1 до 500 мм одиниця допуску функціонально пов'язана з номінальним розміром, мкм.

2.3.2 Якість поверхонь деталі

Якість обробленої поверхні характеризують її шорсткість, хвилястість, наявність мікротріщин, надривів, подрібнення структури, нагартування і залишкові напруження. Шорсткість має визначальний вплив на експлуатаційні властивості виробів – стійкість проти спрацювання, міцність на втомлюваність, корозійну стійкість тощо.

Шорсткістю називають сукупність нерівностей поверхні деталі на певній (базовій) її довжині. Відповідно до ГОСТ 2789-73 для кількісного оцінювання шорсткості існують шість параметрів (рис. 2.20):

- середнє арифметичне відхилення профілю (R_a);
- висота нерівностей профілю за десятьма точками (R_z);
- найбільша висота нерівностей (R_{max});
- середній крок нерівностей (S_{mi});
- середній крок нерівностей за їх вершинами (S_i);
- відносна довжина профілю (L).

Найчастіше як показники шорсткості використовують середнє арифметичне відхилення профілю (R_a) та висоту нерівностей профілю за десятьма точками (R_z). Чим більше значення шорсткості, тим більш шорстокою є поверхня.

Базою для відліку висот виступів і впадин нерівностей, властивості яких нормуються, служить середня лінія профілю – базова лінія, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової

довжини середнє квадратичне відхилення профілю від цієї лінії мінімальне.

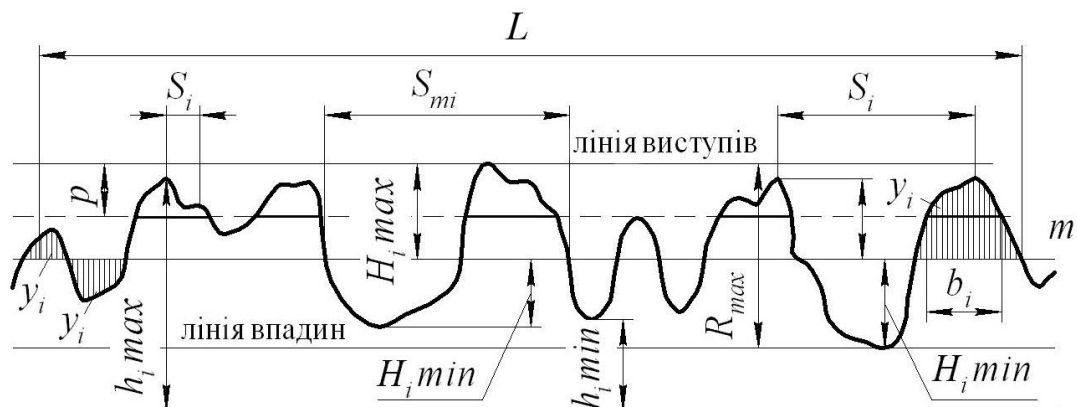


Рисунок 2.20 – Параметри шорсткості поверхні

Через нижчу і вищу точки профілю в межах базової довжини L проводять лінії виступів і впадин профілю паралельно середній лінії. Відстань між цими лініями і визначає найбільшу висоту нерівностей профілю R_{max} .

Середнє арифметичне відхилення профілю R_a визначається як середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини:

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \text{ [мкм]}, \quad (2.2)$$

або приблизно:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \text{ [мкм]}. \quad (2.3)$$

Висота нерівностей профілю за десятьма точками R_z дорівнює середній арифметичній сумі абсолютних відхилень точок п'яти найбільших максимумів $H_i \max$ і п'яти найбільших мінімумів $H_i \min$ профілю в межах базової довжини:

$$R_z = \frac{1}{5} \cdot \left(\sum_{i=1}^5 |H_i \max| + \sum_{i=1}^5 |H_i \min| \right) \text{ [мкм]}. \quad (2.4)$$

Замість середньої лінії також визначають відстань від вищих точок п'яти найбільших максимумів $h_i \max$ і нижчих точок п'яти якнайменших

мінімумів $h_i \min$ до лінії, яка паралельна середній лінії і не перетинає профіль.

$$R_z = \frac{1}{5} \cdot \left(\sum_{i=1}^5 h_i \max + \sum_{i=1}^5 h_i \min \right) \text{ [мкм]}. \quad (2.5)$$

Середній крок нерівностей S_m обчислюють як середньоарифметичне значення кроку нерівностей S_i m в межах базової довжини:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i m \text{ [мкм]}. \quad (2.6)$$

Середній крок нерівностей профілю по вершинах S – середнє арифметичне значення кроку нерівностей профілю по вершинах S_i в межах базової довжини:

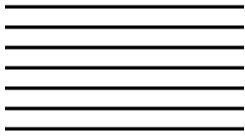
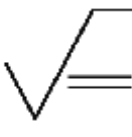


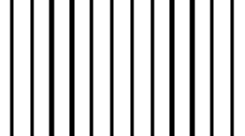
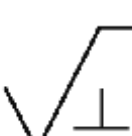
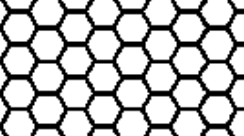

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \text{ [мкм]}. \quad (2.7)$$

Під опорною довжиною профілю η_p розуміють суму довжин відрізків в межах базової довжини, що відсікаються на заданому рівні в матеріалі виступів профілю лінією, еквідистантною середній лінії. Відносна опорна довжина профілю t_p визначається як відношення опорної довжини профілю η_p до базової довжини:

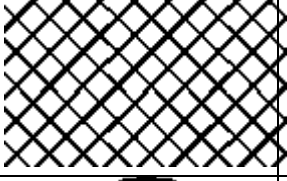
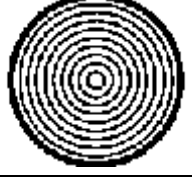
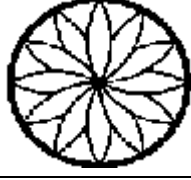
$$t_p = \frac{\eta_p}{L} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n b \cdot p_i \text{ [мкм]}. \quad (2.8)$$

На додаток до кількісних параметрів для повнішої характеристики шорсткості вказують напрям нерівностей (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Напрямок нерівностей шорсткості та її позначення

Напрямок нерівностей	Позначення	Напрямок нерівностей	Позначення
			
			

Продовження таблиці 2.2

Напрямок нерівностей	Позначення	Напрямок нерівностей	Позначення
	\sqrt{x}		\sqrt{c}
	\sqrt{R}		

З чотирнадцяти існуючих класів шорсткості найбільш грубою і шорсткою є поверхня першого класу ($R_z = 160, \dots, 320$ мкм), а найбільш гладкою – поверхня чотирнадцятого класу ($R_z < 0,1$ мкм).

Рівень шорсткості залежить від умов різання, наприклад, для зменшення шорсткості необхідно або збільшити радіус заокруглення вершини різця, або зменшити кути різця в плані.

Шорсткість належить до мікрогеометрії твердого тіла і визначає його найважливіші експлуатаційні якості. Перш за все: зносостійкість від стирання, міцність, герметичність з'єднань деталей, хімічна стійкість, зовнішній вигляд. Залежно від умов роботи поверхні призначається параметр шорсткості при проектуванні деталей машин, також існує зв'язок між граничним відхиленням розміру і шорсткістю.

Шорсткість поверхонь на кресленні деталі вказують для всіх оброблюваних поверхонь, незалежно від методів їх оброблення, крім поверхонь, шорсткість котрих не обумовлена вимогами конструкції. Структура позначення шорсткості поверхні наведена на рисунку 2.21.

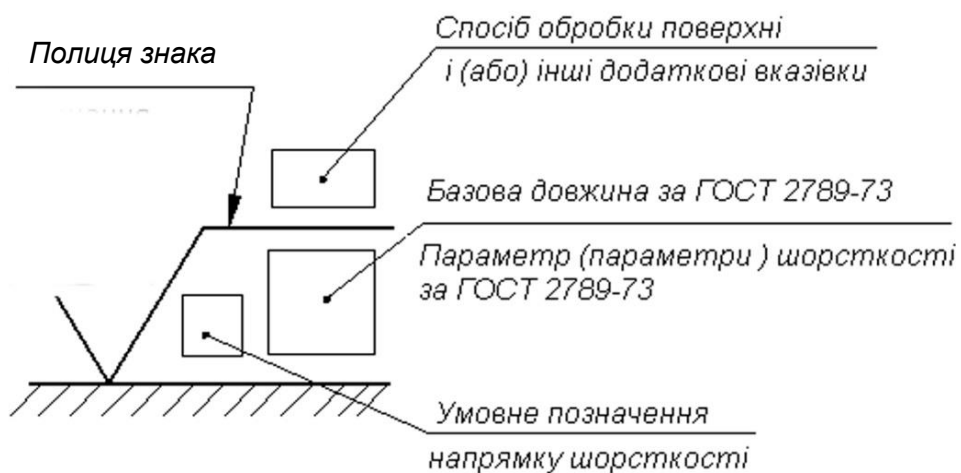




Рисунок 2.21 – Позначення шорсткості

Якщо знак шорсткості поміщають в правому верхньому кутку креслення (він стосується всіх поверхонь деталі), а якщо за ним у дужках вказано символ шорсткості, то цей параметр стосується решти поверхонь, шорсткість яких не вказана безпосередньо.

 – позначення шорсткості поверхні, яка має бути утворена тільки видаленням шару матеріалу.

 – позначення шорсткості поверхні, яка має бути утворена без видалення шару матеріалу (в багатьох випадках це може свідчити про те, що поверхня отримується на стадії виготовлення заготовки).

Під хвилястістю поверхні розуміють сукупність періодично повторюваних висот і западин, що утворюють нерівності поверхні, в яких відстань між суміжними висотами або западинами значно більша, ніж у шорсткостей. За формулою хвиля наближається до синусоїди. Висота хвилі $H_{xв.}$ змінюється у межах 0,5; ...; 500 мкм, а крок $L_{xв.}$ – 1, ..., 15 мм. Відношення $H_{xв.}/L_{xв.}$ знаходиться у межах 1/1000, ..., 1/50. Зростання висоти хвиль спричиняє підвищене зношування, ослаблення пресових з'єднань, порушення геометричності за рахунок зменшення фактичної площі контакту спряжених поверхонь.

Хвилястість поверхні викликається нерівномірністю процесу різання внаслідок коливань верстата, інструменту та деталі. Крім того, отримана хвилястість поверхні на попередній операції може бути джерелом виникнення коливань на наступних переходах.

У цілому, дві розглядувані характеристики якості взаємопов'язані з точністю розмірів. Високій точності завжди відповідає мала шорсткість і хвилястість поверхні. Це визначається не тільки експлуатацією виробу, але й необхідністю отримання стійких і надійних результатів вимірювання.

Рівень шорсткості залежить від умов різання, наприклад, для зменшення шорсткості необхідно або збільшити радіус заокруглення вершини різця, або зменшити кути різця в плані.

Відповідність шорсткості поверхні певним видам механічної обробки наведена в таблицях 2.3–2.5.

У машинобудуванні необхідну точність і якість поверхневого шару деталі можна забезпечити переважно методами механічної і термічної обробки.

Таблиця 2.3 – Мінімальні вимоги до шорсткості поверхні залежно від квалітету та допуску форми

Допуск розміру за квалітетами	Допуск форми, % від допуску розміру	Номінальні розміри, мм			
		до 18	18 до 50	50 до 120	120 до 500
IT5	100	0.4	0.8	1.6	1.6
	60	0.2	0.4	0.8	0.8
	40	0.1	0.2	0.4	0.4
IT6	100	0.8	1.6	1.6	3.2
	60	0.4	0.8	0.8	1.6
	40	0.2	0.4	0.4	0.8
IT7	100	1.6	3.2	3.2	3.2
	60	0.8	1.6	1.6	3.2
	40	0.4	0.8	0.8	3.2
IT8	100	1.6	3.2	3.2	3.2
	60	0.8	1.6	3.2	3.2
	40	0.4	0.8	1.6	1.6
1.6IT9	100	3.2	3.2	6.3	6.3
	60	1.6	3.2	3.2	6.3
	40	0.8	1.6	1.6	3.2
IT10	100	3.2	6.3	6.3	6.3
	60	1.6	3.2	3.2	6.3
	40	0.8	1.6	1.6	3.2
IT11	100	6.3	6.3	12.5	12.5
	60	3.2	3.2	6.3	6.3
	40	1.6	1.6	3.2	3.2
IT12; IT13	100	12.5	12.5	25	25
	60	12.5	12.5	25	25
	40	6.3	6.3	12.5	12.5
IT14; IT15	100	12.5	25	50	50
	60	12.5	25	50	50
	40	12.5	12.5	25	25

Таблиця 2.4 – Інструмент для обробки отворів

Найменування	Припуск, мм	Точність обробки	Шорсткість, <i>Ra</i>	Особливості
Свердло	0,1...80	H11...H13	10...20	не забезпечує прямолінійності осі
Зенкер	1...5	H9...H11	2,5...10	забезпечує прямолінійність осі
Розвертка: чорнова чистова	0,2...0,25 0,05...1	H7...H9 H6	1,5...2,5 0,08...1	криволінійність осі не виправляється

Таблиця 2.5 – Шорсткість поверхонь при механічних методах обробки

Оброблювані поверхні	Методи обробки		Параметри шорсткості																
			Ra																
			80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,02				
Зовнішнє циліндричне точіння	Обточування	Попереднє	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		Чистове			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Тонке								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Шліфування	Попереднє						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Чистове									■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Тонке										■	■	■	■	■	■	■	■
	Притирання	Грубе										■	■	■	■	■	■	■	■
		Середнє											■	■	■	■	■	■	■
		Тонке													■	■	■	■	■
	Обробка абразивним полотном											■	■	■	■	■	■	■	
Обкочування роликком																			
Шліфування Суперфінішування																			
Внутрішнє циліндричне точіння	Розточування	Попереднє	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Чистове				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Тонке																	
	Свердління				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Зенкерування	Чорнове (по кірці)				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Чистове																	
	Развертування	Нормальне																	
		Точне																	
		Тонке																	
	Протягування																		
	Внутрішнє шліфування	Попереднє																	
		Чистове																	
	Калібрування шариком																		
Притирання	Грубе																		
	Середнє																		
	Тонке																		
Шліфування Притирання Хонінгування	Нормальне																		
	Дзеркальне																		
Площини	Стругання	Попереднє	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		Чистове				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Тонке																	
	Циліндричне фрезерування	Попереднє																	
		Чистове																	
		Тонке																	

Продовження таблиці 2.5

Оброблені поверхні	Методи обробки		Параметри шорсткості															
			Ra															
			80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,02			
	Торцеве фрезерування	Попереднє		■	■	■												
		Чистове					■	■	■									
		Тонке							■	■								
Площини	Торцеве точіння	Попереднє	■	■	■	■												
		Чистове					■	■	■									
		Тонке							■	■	■							
	Плоске шліфування	Попереднє						■	■	■								
		Чистове								■	■	■						
	Притирання	Грубе								■	■	■						
		Середнє									■	■	■					
		Тонке										■	■	■	■	■	■	■

Вибір конкретного методу остаточної або попередньої обробки можна проводити з використанням таблиць середньої економічної точності, складених на основі систематизації даних, отриманих безпосередньо у виробничих умовах. Таблиці точності обробки наведені в [1, 2 та ін.].

Однакову точність обробки можна досягти різними методами (табл. 2.6), тому після вибору декількох можливих методів обробки, виходячи з вимог, що висуваються до точності лінійних і кутових розмірів, точності форми, хвилястості та шорсткості поверхні деталі з урахуванням її розмірів, маси і конфігурації, слід порівняти вибрані методи за продуктивністю та економічністю. При цьому необхідно врахувати можливість поєднання обробки даної поверхні з обробкою інших поверхонь.

Вибраний метод остаточної обробки окремих поверхонь не завжди забезпечує отримання необхідної точності поверхні та якості поверхневого шару безпосередньо з початкової заготовки, тому часто виникає необхідність виконання попередніх переходів і операцій, на яких точність оброблюваної заготовки постійно підвищується до потрібної. Якщо точність початкової заготовки невисока, то спочатку ведуть обробку її поверхонь попередніми (чорновими) методами. При високій точності початкової заготовки обробку можна, у ряді випадків, відразу проводити методами остаточної (чистої) або навіть оздоблювальної обробки. У тих випадках, коли до точності розмірів і якості поверхні не висувають високих вимог, обмежуються одноразовою обробкою.

Необхідну якість поверхні і поверхневого шару можна забезпечити різними поєднаннями методів попередньої та остаточної обробки. При цьому різним в різних варіантах може бути і число технологічних переходів обробки поверхні (табл. 2.5–2.6). За інших рівних умов кращим

слід вважати той варіант обробки поверхні, який містить менше число технологічних переходів.

Орієнтовне раціональне число технологічних переходів обробки поверхні можна визначити на підставі розрахунку загального уточнення [4, 5, 6]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{заг.}}{T_{дет.}}, \quad (2.9)$$

де $T_{заг.}$ – допуск заготовки, $T_{дет.}$ – допуск деталі.

При розділенні загального уточнення на співмножники (стадії та кількість ступенів обробки) враховують, що на першій стадії методи чорнової (попередньої) обробки поверхні забезпечують уточнення $\varepsilon_1 = 4, \dots, 6$, на другій стадії обробки поверхні напівчистовими і чистовими методами – $\varepsilon_2 = 3, \dots, 4$, на третій стадії (обробка із забезпеченням точності розмірів за п'ятим–сьомим квалітетами) $\varepsilon_3 = 2, \dots, 3$.

Наприклад, визначимо загальне уточнення для циліндричної поверхні $\varnothing 80H8^{(+0,046)}$, розмір заготовки $\varnothing 75H16$ (для усіх видів завдань розміри заготовки визначаються за 16-м квалітетом):

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{1900}{46} = 41,$$

де 1900 мкм – допуск заготовки ($T_{заг.}$);

46 мкм – допуск деталі ($T_{дет.}$).

Приймаємо 3 ступеня ($n = 3$) механічної обробки даної поверхні, призначивши $\varepsilon_1 = 6$; $\varepsilon_2 = 4$. Тоді уточнення останнього переходу визначається так:

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2} = \frac{41}{6 \cdot 4} = 1,71.$$

Проектування алгоритму механічної обробки починають з вивчення та аналізу робочих креслень деталі, заготовки та складальної одиниці, в яку вона входить.

Вибір оптимальних методів механічної обробки можна виконати за таким алгоритмом:

- аналіз креслення деталі та заготовки, визначення поверхонь, що потребують механічної обробки;

- вибір можливих методів механічної обробки поверхонь відповідно до форми поверхні;

- вибір можливих методів механічної обробки поверхонь відповідно до квалітету точності поверхні (табл. 2.6) та допусків форми й розміщення, вказаних для оброблюваної поверхні (табл. 2.3);

- для мірного інструмента (розмір якого визначає розмір отримуваної поверхні) доцільно враховувати показники точності використовуваного інструмента (табл. 2.4);

- вибір можливих методів механічної обробки поверхонь відповідно до шорсткості поверхні (табл. 2.5).

Таблиця 2.6 – Квалітети поверхонь після механічної обробки

Вид обробки	Ступінь або спосіб обробки	Квалітет
Стругання	чистова	10
	тонка	7...8
Фрезерування торцеве	чистова	10
	тонка	7...8
Фрезерування циліндричне	чистова	9
	тонка	7...8
Точіння	чистова	10
	тонка	7...8
Розточування	чистова	9
	тонка	7...8
Зенкування		7...8
Підрізання торців	чистова	9
	тонка	7...8
Нарізання різі зовнішньої	різцем, плашкою, плашкою гребінкою, фрезеруванням	8g
	накочуванням	6g
	шліфуванням	4h
		4h
Нарізання різі внутрішньої	мітчиком, різцем	6H
	фрезеруванням	6H
	шліфуванням	4H
Обробка зубців коліс	стругання, фрезерування	8...9
	фрезерування черв'ячною фрезою	7...8
	шевінгування	6...7
	шліфування	5...6
	притирання і обкочування	4...5
Анодно-механічна обробка	чистова	8
	тонка	5..6
Електрохімічна розмірна обробка	чистова	9
	тонка	7...8
Електроіскрова обробка	чистова	7
	тонка	5...6

Продовження таблиці 2.6

Вид обробки	Ступінь обробки	Квалітет
Ультразвукова обробка (отворів, заглиблень)	чистова	6...7
Шабріння	чистова тонка	7 5...6
Розвертування	чистова тонка	7 5...6
Протягування	чистова тонка	7 5...6
Шліфування плоске	чистова тонка	7 5...6
Шліфування циліндричне зовнішнє	чистова тонка	6 4...5
Шліфування циліндричне внутрішнє	чистова тонка	6 4...5
Притирання	чистова тонка	5 3...4
Полірування	чистова тонка	5 3...4
Хонінгування	чистова тонка	6 4...5
Суперфінішування	чистова тонка	4 2...3

Вибір обладнання виконується згідно з типом обробки, вибраним на попередніх етапах роботи.

Порядок виконання II пункту роботи (додаток А)

1. Проаналізувавши параметри точності та якості двох вказаних в завданні поверхонь (виділених напівжирним шрифтом) визначити можливі способи обробки користуючись таблицями 2.3–2.6.

2. Запропонувати оптимальні методи обробки, визначити кількість ступенів механічної обробки, вказати інструмент та обладнання (оформити у вигляді зведеної таблиці остаточно вибраних методів механічної обробки поверхонь деталі та показників, які вони забезпечують (табл. 2.7)).

Таблиця 2.7 – Зведена таблиця вибраних методів обробки поверхонь деталі (приклад)

№ з/п	Розміри поверхні	Параметри точності і шорсткості	Ескізи обробки	Методи обробки	Обладнання: верстат, інструмент
1	$\varnothing 120H8$	H8, Ra = 1,6 мкм		Попереднє розточування Попереднє розточування Остаточне розточування	Розточувальний верстат. Розточний різець

2.4 Призначення припусків та розрахунок режимів різання

2.4.1 Припуски на обробку поверхні

Припуск – шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки для досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні деталі.

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути призначений за відповідними довідковими таблицями або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків.

В даній контрольній роботі припуск на обробку певної поверхні складається з загальної суми припусків, що знімаються за декілька переходів. Припуск на перехід відповідає величині глибини різання, а у випадку обробки діаметральних поверхонь – подвійній глибині різання.

2.4.2 Елементи режиму різання

До основних параметрів процесу різання відносять глибину (t) і швидкість різання V , подачу S , ширину (b) і товщину (a) зрізаного шару металу (рис. 2.22) та номінальну площу його перерізу (f).

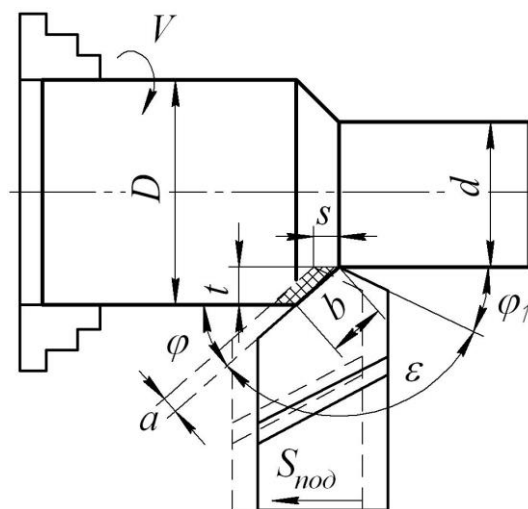


Рисунок 2.22 – Елементи режиму різання та геометрія зрізаного шару металу

Глибиною різання (t) називають товщину зрізаного за один прохід різального інструмента шару металу.

Глибина різання визначається, в основному, величиною припуску на обробку. Припуск на обробку найдоцільніше видаляти за один прохід. Глибина різання суттєво впливає на сили різання, тому іноді виникає необхідність розділити припуск на декілька проходів. Сумарний припуск розподіляється таким чином: 60% – на чорнову обробку, 20–30% – на напівчистову і 10–20% – на чистову.

Для чорнкової обробки глибину різання приймають $t = 3\text{--}5$ мм, напівчистої – 2–3 мм і чистої – 0,5–1,0 мм.

Подача (S) – це переміщення різальної кромки інструмента відносно заготовки в напрямку подачі за один оберт (мм/об) або подвійний хід заготовки (чи інструмента) (мм/пдв.хід). Залежно від напрямку руху подача може бути поздовжньою, поперечною, похилою, вертикальною, тангенціальною, круговою тощо.

Величина подачі обмежується силами, що діють в процесі різання; ці сили можуть призвести до поломки різального інструмента, деформації і спотворення форми заготовки, поломки верстата. Доцільно та економічно ефективно працювати з максимально можливою подачею. Зазвичай подача призначається за режимами різання з таблиць довідників, складених на основі спеціальних досліджень і вивчення досвіду роботи машинобудівних заводів. Після вибору величини подачі з довідників її коректують відповідно до кінематичних даних верстата, на якому проводитиметься обробка (вибирається найближча менша величина подачі).

Для чорнкової обробки приймають $s = 0,3\text{--}1,5$ мм/об, для чистої – 0,1–0,4 мм/об.

При однаковій площі перерізу поперечного зрізу навантаження на різець менше при роботі з меншою подачею і більшою глибиною різання; навантаження на верстат (за потужністю), навпаки, менше при роботі з більшою подачею і меншою глибиною різання, оскільки глибина різання більше впливає на силу різання, ніж подача.

Швидкістю різання (V) називають швидкість головного руху. Вона визначається шляхом, який пройшла точка оброблюваної поверхні заготовки відносно різальної кромки інструмента за одиницю часу, і вимірюється у метрах за хвилину (м/хв), крім випадків, коли швидкість різання дуже велика (шліфування). Тоді її вимірюють у метрах за секунду (м/с).

З більшою швидкістю різання обробляються автоматні сталі, кольорові і легкі сплави. Алюміній обробляється зі швидкістю в 5–6 разів більшою, ніж швидкість обробки вуглецевої конструкційної сталі.

Подача і глибина різання визначають навантаження на різець і температуру різання. Зі збільшенням подачі і глибини різання інтенсивніший знос різця, що обмежує швидкість різання. Для досягнення

більшої продуктивності різання вигідніше працювати з великими глибинами різання за рахунок зменшення швидкості різання. Наприклад, при збільшенні подачі в 2 рази (з 0,3 до 0,6 мм/об) швидкість різання необхідно зменшити на 20–25%. При подвоєнні глибини різання швидкість різання повинна бути зменшена на 10–15%. На практиці швидкість різання збільшують після того, як досягнуті граничні значення глибини різання і подачі.

Необхідна швидкість різання і стійкість інструмента визначаються правильним вибором геометрії різальної частини різця, необхідно також враховувати оброблювану заготовку, різальні властивості матеріалу різця та інші умови обробки.

Чим більша площа перерізу державки швидкорізального різця, тим більші значення швидкості різання допускаються, оскільки цим поліпшується тепловідведення та підвищується жорсткість різця.

Для різців, оснащених твердосплавними пластинами, вплив перерізу державки незначний і ним можна знехтувати.

При чорновому точінні сталей різцями з швидкорізальних сталей різне охолодження змащувально-охолоджувальними рідинами (8–12 л/хв) підвищує швидкість різання на 20–30%. При чистовому точінні інтенсивність охолодження 4–6 л/хв забезпечує підвищення швидкості різання на 8–10%.

Для твердосплавного інструменту особливо необхідне постійне охолодження, оскільки у разі переривистого охолодження можуть утворитися тріщини на пластинці, і різець вийде з ладу.

Допустима величина зносу різців визначає вибір величини швидкості різання. Збільшення допустимої величини зносу різців по задній поверхні від 0,8 до 1,6 мм дозволяє збільшити швидкість різання на 30%.

Різці, оснащені мінералокерамічними пластинками, при чистовій і напівчистовій обробці сталевих деталей дозволяють підвищити швидкість різання на 20–30% порівняно з різцями, оснащеними твердосплавними пластинками марки Т15К6, а при чистовій і напівчистовій обробці чавунів – на 50% порівняно з твердосплавними різцями з пластинками марки ВК8.

2.4.3 Розрахунок режимів різання при точінні

Режим різання при точінні складається з окремих елементів – глибини різання, подачі й швидкості різання.

Глибиною різання t (мм) (рис. 2.23) при точінні називають відстань між оброблюваною та обробленою поверхнями, виміряну перпендикулярно до останньої:

$$t = \frac{D-d}{2} \text{ [мм]}, \quad (2.10)$$

де D та d – діаметр оброблюваної та обробленої поверхонь, мм.

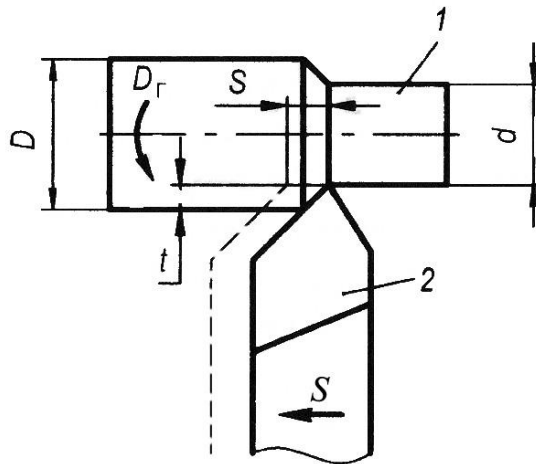


Рисунок 2.23 – Елементи режиму різання при точінні: 1 – заготовка; 2 – різець; D_r – головний рух різання; S – рух подачі; t – глибина різання; s – подача; D і d – діаметри оброблюваної та обробленої поверхонь

Граничні значення глибини різання (при знятті припуску за декілька проходів) приймаються відповідно до табличних значень [7].

Подачею S при точінні є переміщення головної різальної кромки інструмента відносно обробленої поверхні в міліметрах за один оберт заготовки (мм/об).

При чорновому точінні подачу варто призначати більшою для досягнення максимальної продуктивності (табл. В.3, В.4, В.6) [7]. Після вибору подачі її величину перевіряють за лімітувальними факторами:

- знаходять максимальне значення подачі, що відповідає заданим параметрам шорсткості поверхні (табл. В.5) [7];
- знаходять максимальну подачу, яку допускає міцність державки різця (табл. В.3) [7];
- знаходять максимальну подачу, яку допускає жорсткість заготовки.

Подача призначається за найменшим з лімітувальних факторів, після чого значення подачі необхідно корегувати за паспортними даними верстата.

При чистовому точінні подачу призначають за рекомендаціями (табл. В.5) [7].

Швидкість різання розраховують за формулами:

- при зовнішньому поздовжньому і поперечному точінні та розточуванні:

$$v = \frac{C_v \cdot}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [м/хв];} \quad (2.11)$$

- при відрізання, точінні канавок і фасонному точінні:

$$v = \frac{C_v \cdot}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [м/хв]}, \quad (2.12)$$

де C_v – коефіцієнт, що враховує умови обробки (табл. В.7) [7];

m, x, y – показники степеня (табл. В.7) [7];

T – період стійкості інструмента (середні значення періоду стійкості T можна приймати в межах 60–90 хв для різців зі швидкорізальної сталі і 90–120 хв для твердосплавного інструменту, при одноінструментальній обробці $T = 60$ хв, при фасонному точінні $T = 120$ хв);

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об (табл. В.3–В.6) [7];

K_v – узагальнений поправковий коефіцієнт, що враховує зміни умов обробки відносно табличних.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv}, \quad (2.13)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \text{ для сталі};$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} \text{ для сірого чавуну};$$

$$K_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_v} \text{ для ковкого чавуну.}$$

Значення показника степеня n_v наведені в табл. В.8;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки (табл. В.9) [7];

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту (табл. В.10) [7];

$K_{\varphi v}, K_{\varphi 1v}$ – коефіцієнти, що враховують головний та допоміжний кути в плані різця (табл. В.11) [7];

K_{rv} – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця – враховується тільки для різців з швидкорізальної сталі (табл. В.11) [7].

При обробці мідних сплавів зі вмістом свинцю до 10% – $K_{mv} = 4$, а з вмістом свинцю більше 15% $K_{mv} = 12,0$. При обробці силуміну з $\sigma_b = 200$ –300 МПа, $HB > 60$ і дюралюмінію $\sigma_b = 400$ –500 МПа, $HB > 100$ приймати $K_{mv} = 0,8$. Якщо дюралюміній має $\sigma_b = 300$ –400 МПа, $HB < 100$, а силумін $\sigma_b = 100$ –200 МПа, $HB \leq 65$, то $K_{mv} = 1,0$.

Після знаходження швидкості різання розраховують частоту обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]}, \quad (2.14)$$

де V – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр оброблюваної поверхні (для поперечного точіння, прорізування і відрізування – найбільший діаметр), мм.

Знайдене число обертів шпинделя корегують відповідно до найближчого з наявних за паспортом верстата n_{np} .

Враховуючи прийняте число обертів шпинделя визначають фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} \text{ [м/хв]}. \quad (2.15)$$

Після визначення подачі, глибини різання та швидкості різання розраховують сили різання.

Складові сили різання (тангенціальна P_z , радіальна P_y , осьова P_x при зовнішньому поздовжньому та поперечному точінні, розточуванні, відрізання і фасонному точінні):

$$P_z(P_x, P_y) = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot v^{z_p} \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.16)$$

де t – глибина різання (при фасонному точіння довжина або ширина різальної кромки), мм;

C_p – постійна, яка залежить від властивостей оброблюваного матеріалу (табл. В.12) [7];

x_p, y_p, z_p – показники степеня, що показують вплив відповідно глибини різання, подачі, швидкості різання на складові сили різання (табл. В.11) [7];

K_p – поправковий коефіцієнт, що враховує зміни умов обробки відносно табличних (табл. В.13, В.14) [7].

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{rp} \cdot K_{\lambda p}. \quad (2.17)$$

Головною складовою сили різання є P_z за якою розраховується потужність, необхідна для зняття стружки. Тому розрахунковим шляхом досить визначити тільки P_z , а інші складові можна встановити у відсотках до P_z , зокрема P_x – 30–40%, P_y – 40–50%.

Осьова сила P_x (сила подачі) порівнюється за паспортом верстата з найбільшою допустимою, яка забезпечується механізмом подачі, і в разі перевищення останньої вимагає повторного розрахунку режимів різання.

Після визначення сили різання можна розрахувати потужність різання,

яка потрібна для виконання процесу різання. Ця потужність називається «ефективною», тому що це та потужність, яка витрачається на процес зрізання стружки і не містить витрати потужності на подолання сил тертя в механізмах верстата.

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} \text{ [кВт]}. \quad (2.18)$$

Вибраний режим різання повинен задовольняти умову

$$N_{ef} \leq N_{\text{дв}} \cdot \eta \cdot K_n. \quad (2.19)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність електродвигуна обраного металорізального верстата, кВт;

η – ККД верстата, $\eta \approx 0,8$;

K_n – коефіцієнт допустимого перевантаження електродвигуна при короткочасному періоді різання ($t \leq 2$ хв), $K_n = 1,6$.

Метою вибору оптимальних значень елементів режиму різання є забезпечення найбільшої продуктивності та необхідної якості обробленої поверхні.

При детальному аналізі процесу різання розглядають також номінальну площу зрізуваного шару f (мм²), яку обчислюють за формулою:

$$f = a \cdot b = t \cdot S \text{ [мм}^2\text{]}, \quad (2.20)$$

де a – товщина зрізуваного шару, мм;

b – ширина зрізуваного шару, мм.

Товщина зрізуваного шару a (мм) – це відстань між двома послідовними положеннями головного різального ребра за один оберт заготовки, виміряна перпендикулярно до різальної кромки:

$$a = S \cdot \sin \varphi \text{ [мм]}. \quad (2.21)$$

Ширина зрізуваного шару b (мм) – це відстань між оброблюваною та обробленою поверхнями, виміряна вздовж різальної кромки:

$$b = \frac{t}{\sin \varphi} \text{ [мм]}. \quad (2.22)$$

2.4.4 Розрахунок режимів різання при свердлінні

До елементів режиму різання при свердлінні належать: глибина різання, подача та швидкість різання.

Глибина різання t (рис. 2.24) при свердлінні дорівнює половині діаметра D (мм) обробленого отвору:

$$t = \frac{D}{2} \text{ [мм]}; \quad (2.23)$$

при розсвердлюванні:

$$t = \frac{D-d}{2} \text{ [мм]}, \quad (2.24)$$

де D – діаметр отвору після свердління, мм;
 d – діаметр отвору до свердління, мм.

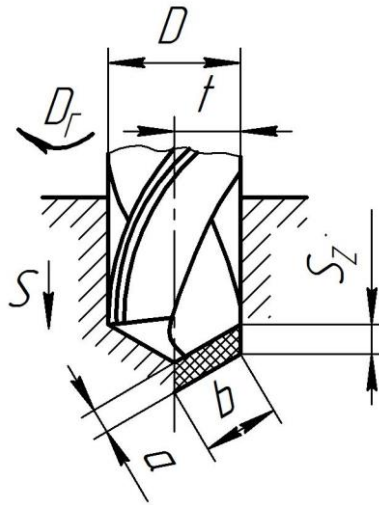


Рисунок 2.24 – Елементи режиму різання при свердлінні та площа зрізаного шару: D – діаметр свердла; t – глибина різання; S_z – подача на одне різальне ребро; a і b – товщина та ширина зрізаного шару; D_f – головний рух різання; S – рух подачі

Подачею S (мм/об) називають величину переміщення свердла в мм вздовж осі за один його оберт. Оскільки свердло має дві головних різальних кромки, то на кожну з них припадає половина вибраної подачі (мм/об):

$$S_z = \frac{S}{2} \text{ [мм/зуб]}. \quad (2.25)$$

Максимально допустимі подачі при свердлінні, зенкеруванні і розвертуванні без врахування обмежувальних факторів наведені в (табл. В.15–В.17) [7]. При розсвердлюванні обрану подачу для свердління збільшують у 2 рази. При розсвердлюванні отворів подача, рекомендована для свердління, збільшується в 2 рази. Значення подач розраховані на обробку отворів глибиною менш ніж три діаметри отвору. При більшій глибині необхідно вводити поправковий коефіцієнт K_{ls} (табл. В.44).

Швидкістю різання V (м/хв) під час свердління називають лінійну швидкість найвіддаленішої від осі свердла точки головної різальної кромки.

Швидкість різання при свердлінні:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m S^y} K_v, [\text{М/ХВ}] \quad (2.26)$$

де D – діаметр свердла.

Швидкість різання при розсвердлюванні:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S^y} K_v, [\text{М/ХВ}] \quad (2.27)$$

Значення коефіцієнтів C_v та показників степеня m , x , y , а також стійкості T наведені в табл. В.19–В.21 [7];

K_v – узагальнений поправковий коефіцієнт, що враховує зміни умов обробки відносно табличних, розраховується за такою формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (2.28)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \text{ для сталі;}$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} \text{ для сірого чавуну;}$$

$$K_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_v} \text{ для ковкого чавуну.}$$

Значення показника степеня n_v наведені в табл. В.8;

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента (табл. В.10) [7];

K_{lv} – коефіцієнт, який враховує глибину просвердлюваного отвору (табл. В.22) [7].

Після знаходження швидкості різання розраховують частоту обертання шпинделя за формулою (2.14) та, скорегувавши її відповідно до паспорта верстата, фактичну швидкість різання за формулою (2.15).

Крутний момент та осьову силу різання при свердлінні розраховують за формулами:

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_{Mp} [\text{Н}\cdot\text{м}]; \quad (2.29)$$

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^{q_P} \cdot S^{y_P} \cdot K_P [\text{Н}]; \quad (2.30)$$

- при розсвердлюванні:

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot t^{x_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_{Mp} \text{ [Н·м]}; \quad (2.31)$$

$$P_O = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_M} \cdot t^{x_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_p \text{ [Н]}. \quad (2.32)$$

Значення C_p та C_M наведені в табл. В.23 [7].

Коефіцієнт $K_p = K_{Mp}$, залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається згідно з табл. В.33 [7].

Крутний момент при зенкеруванні та розвертуванні розраховують за формулою

$$M = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot D_z}{2 \cdot 1000} K_p \text{ [Н·м]}; \quad (2.33)$$

потужність різання

$$N_{ef} = \frac{M \cdot n_{np}}{9750} \text{ [кВт]}. \quad (2.34)$$

Вибраний режим різання повинен задовольняти умову (2.19) – $N_{ef} \leq N_{ov} \cdot \eta \cdot K_n$.

2.4.5 Розрахунок режимів різання при фрезеруванні

Глибину різання при фрезеруванні вибирають залежно від припуску на обробку, потужності і жорсткості верстата. Оптимальним є зняття усього припуску за один прохід, якщо дозволяє потужність верстата. Зазвичай глибина різання складає 2...6 мм. На потужних фрезерних верстатах при роботі торцевими фрезами глибина різання може досягати 25 мм. Якщо припуск на обробку більше 6 мм і вимоги до величини шорсткості поверхні досить високі, фрезерування виконують за два (або більше) проходи: чорнові і чистові.

У виробничих умовах за необхідності проведення чорнової і чистової обробки вони поділяються на дві окремі операції. Це викликано нижченаведеними міркуваннями.

Чорнова і чистова обробки проводяться із застосуванням різного матеріалу різальної частини фрези і при різних швидкостях різання, що викликало б невиправдано великі витрати часу на переналагодження верстата, якщо ці переходи будуть виконуватися в одній операції.

Чорнова обробка призводить до великих вібрацій з нерівномірними і знакозмінними навантаженнями, це, в свою чергу, – до швидкого зносу верстата і погіршення точності обробки.

При чорновій обробці утворюється велика кількість стружки та

абразивного пилю, що вимагає спеціальних заходів з прибирання відходів. Як правило, верстати для чорнової обробки розташовані окремо від верстатів, які виконують остаточну – чистову і тонку – обробку.

Кількість робочих ходів при чорновій обробці визначають за величиною припуску і потужністю верстата. Число робочих ходів при чистовій обробці визначається відповідно до шорсткості поверхні.

При чистових проходах глибину різання беруть у межах 0,75; ...; 2 мм. Незалежно від висоти мікронерівностей глибина різання не може бути меншої величини. Різальна кромка має деякий радіус скруглення, який зі зношенням інструмента збільшується, при малій глибині різання матеріал поверхневого шару вминається і піддається пластичному деформуванню. У цьому випадку різання не відбувається. Як правило, при невеликих припусках на обробку та необхідності проведення чистової обробки (величина шорсткості $R_a = 2; \dots; 0,4$ мкм) глибина різання приймається в межах 1 мм.

При малій глибині різання доцільно застосовувати фрези з круглими пластинами (ГОСТ 22086-76, ГОСТ 22088-76). При глибині різання, більшій ніж 3–4 мм, застосовують фрези з шести-, п'яти- і чотиригранними пластинами.

При виборі числа переходів необхідно враховувати вимоги до шорсткості обробленої поверхні:

- чорнове фрезерування – $R_a = 12,5; \dots; 6,3$ мкм (3-й, ..., 4-й клас точності);

- чистове фрезерування – $R_a = 3,2; \dots; 1,6$ мкм (5-й, ..., 6-й клас точності);

- тонке фрезерування – $R_a = 0,8; \dots; 0,4$ мкм (7-й, ..., 8-й клас точності).

При фрезеруванні розрізняють такі показники режиму різання (рис. 2.25).

Подача на зуб фрези S_z – переміщення заготовки (мм) за період обертання фрези на один зуб.

Подача за один оберт фрези S_o – переміщення заготовки (мм) відносно фрези за один її оберт:

$$S_o = S_z \cdot z \text{ [мм/об]}, \quad (2.35)$$

де z – кількість зубів фрези.

Подача за хвилину $S_{xв}$ (хвилинна подача) – переміщення заготовки (мм) відносно фрези за хвилину:

$$S_{xв} = S_o \cdot n = S_z \cdot z \cdot n \text{ [мм/хв]}. \quad (2.36)$$

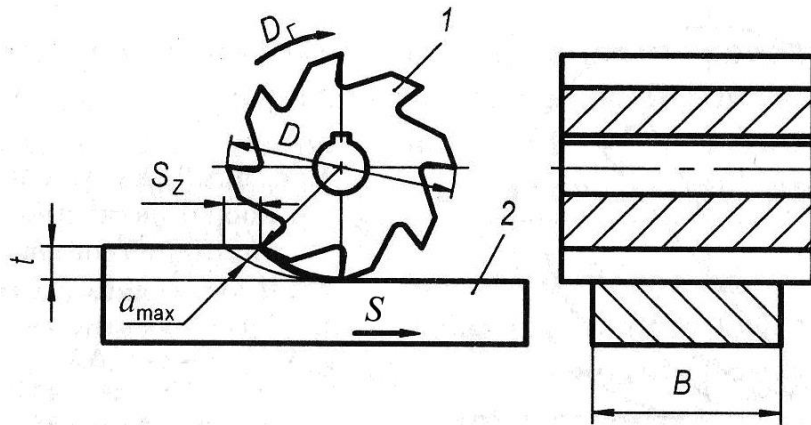


Рисунок 2.25 – Елементи режиму різання при фрезеруванні:
 1 – фреза; 2 – заготовка; D_G – головний рух різання; S – рух подачі;
 t – глибина різання; S_Z – подача на зуб фрези; B – ширина фрезерування;
 a_{\max} – максимальна товщина зрізаного шару

Ширина фрезерування B – розмір обробленої за один прохід поверхні (мм), вимірний в напрямку, паралельному осі фрези.

Товщина зрізаного шару a (мм) – розмір шару металу, вимірний в радіальному напрямку.

Ширина зрізаного шару b (мм) – довжина дотику головної різальної кромки з оброблюваною заготовкою.

Глибина різання встановлюється, якщо це можливо, такою, що дорівнює припуску на обробку.

При чорновому фрезеруванні вибирають подачу S_Z на один зуб фрези (табл. В.24–В.28 [7]), при чистовому – подачу S_0 на один оберт.

При фрезеруванні швидкість різання розраховується за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \text{ [м/хв]}. \quad (2.37)$$

де m, x, y, u, p, q – показники степеня;

D – діаметр фрези;

B – ширина фрезерування;

z – кількість різальних зубців фрези;

S_z – подача на зуб.

K_v – узагальнений поправковий коефіцієнт, що враховує зміни умов обробки відносно табличних.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}. \quad (2.38)$$

Значення коефіцієнтів C_v та показників степеня m , x , y , u а також стійкості T наведені в табл. В.29–В.31.

Після знаходження швидкості різання розраховують частоту обертання шпинделя за формулою (2.14) та, скорегувавши її відповідно до паспорта верстата, фактичну швидкість різання за формулою (2.15).

Отримане значення хвилинної подачі корегують відповідно до паспорта верстата $S_{xв.д}$, значення подачі на один зуб $S_{z.д}$ буде розраховуватись:

$$S_{z.д} = \frac{S_{xв.д}}{n_{np} \cdot z} \text{ [мм/зуб]}, \quad (2.39)$$

де $S_{xв.д}$ – прийнята хвилинна подача.

Тангенціальна сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{y_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}} \cdot K_{mp} \text{ [Н]}, \quad (2.40)$$

де S_z – дійсна подача на один зуб інструмента.

Коефіцієнти та показники степеня вибираються з табл. В.13, В.14, В.32 [7].

Крутний момент на шпинделі буде дорівнювати:

$$M = \frac{10 \cdot P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} \text{ [Н·м]}, \quad (2.41)$$

потужність різання

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} \cdot [\text{кВт}] \quad (2.42)$$

Вибраний режим різання повинен задовольняти умову (2.19) – $N_{ef} \leq N_{дв} \cdot \eta \cdot K_n$, $K_n = 1.5$.

2.4.6 Розрахунок режимів різання при шліфуванні

Розрахунок режимів різання при шліфуванні починають зі встановлення характеристик інструмента. Інструмент при шліфуванні різних конструкційних і інструментальних матеріалів обирають за даними табл. В.33 [7]. Остаточна характеристика абразивного інструмента вибирається в процесі пробної експлуатації з урахуванням конкретних технологічних умов.

Розглянемо розрахунок режимів для круглого шліфування.

Глибина шліфування t , мм (поперечна подача S_{non} , мм) залежить від

розмірів заготовки, властивостей оброблюваного матеріалу і характеру шліфування (табл. В.34, В.35).

Поздовжня подача $S_{n\partial}$, мм – це переміщення оброблюваної деталі вздовж її осі за один оберт. Вона визначається за формулою:

$$S_{n\partial} = B \cdot \beta \text{ [мм/об]}, \quad (2.43)$$

де B – ширина шліфувального круга, мм;

β – розрахунковий коефіцієнт.

Значення коефіцієнта для круглого зовнішнього шліфування наведені в табл. В.36, а для круглого внутрішнього – в табл. В.37.

Рекомендації щодо вибору діаметра і ширини шліфувального круга дано у табл. В.39, В.40.

Перш ніж розрахувати частоту обертання деталі, необхідно визначити її розрахункову швидкість обертання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^k}{T^m \cdot t^x \cdot \beta}, \text{ [м/хв]} \quad (2.44)$$

де D – діаметр поверхні, що шліфується, мм;

T – стійкість шліфувального круга (30–45 хв).

Значення C_v , K , m , x наведені в табл. В.38.

Розрахункова частота обертання деталі визначається за формулою:

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]}. \quad (2.45)$$

Орієнтуючись на паспортні дані верстата приймається діаметр шліфувального круга D_k та частота обертання шліфувального круга n_k , на основі яких розраховується фактична швидкість різання.

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000} \text{ [м/хв]}. \quad (2.46)$$

Швидкість переміщення стола визначається за формулою:

$$V_c = \frac{S_{n\partial} \cdot n_{\partial}}{1000} \text{ [м/хв]}. \quad (2.47)$$

Отримане значення V_c повинно знаходитися в межах швидкостей переміщення стола, зазначених у паспорті обраного верстата. В іншому випадку необхідно провести корегування $S_{n\partial}$ і n_{∂} .

Тангенціальна сила різання розраховується за формулою

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot V^u \cdot S_{no}^x \cdot t^y \text{ [Н]}. \quad (2.48)$$

Значення C_P , u , x , y наведені в табл. В.41.

Ефективна потужність на обертання шліфувального круга визначається за формулою:

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V_K}{60 \cdot 1020} \text{ [кВт]}. \quad (2.49)$$

Вибраний режим різання повинен задовольняти умову (2.19).

Розглянемо розрахунок режимів для плоского шліфування периферією круга.

Зазвичай при плоскому шліфуванні глибина шліфування приймається при попередній обробці $t = 0,15\text{--}0,04$ мм, а при остаточній – $t = 0,005\text{--}0,01$ мм на подвійний хід.

Поздовжня подача визначається за формулою (2.43). Величину V можна прийняти за паспортом верстата. Коефіцієнт шліфування для попередньої обробки $\beta = 0,4\text{--}0,7$; а для остаточної $\beta = 0,25\text{--}0,35$.

Швидкість переміщення деталі визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m.7} \cdot t^{0.75} \cdot \beta} \text{ [м/хв]}, \quad (2.50)$$

де C_v – коефіцієнт, прийнятий при шліфуванні: незагартованої сталі – 15,50; загартованої сталі – 15,25; чавуну і мідних сплавів – 15,90;

T – період стійкості круга (30–40 хв).

Швидкість V повинна бути в межах, зазначених у паспорті обраного верстата. Число подвійних ходів стола розраховується за формулою

$$n_{cm} = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot L}, \quad (2.51)$$

де L – розрахунковий хід стола, мм.

$$L = l + (20\text{--}30) \text{ [мм]}, \quad (2.52)$$

де l – довжина поверхні, що шліфується, мм.

Швидкість обертання шліфувального круга розраховується за формулою:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60} \text{ [м/с]}, \quad (2.53)$$

де D_K – діаметр шліфувального круга (за паспортом верстата), мм;

n_K – частота обертання круга (за паспортом верстата), об/хв.

Ефективна потужність шліфування визначається за формулою:

$$N_{ef} = C_N \cdot V \cdot S_n^{0.8} \cdot t^{0.8} \text{ [кВт]}, \quad (2.54)$$

де C_N – коефіцієнт, що приймається при шліфуванні: сирові сталі – 0,68; загартованої сталі – 0,76; чавуну і мідних сплавів – 1,8.

Вибраний режим різання повинен задовольняти умову (2.19).

2.4.7 Розрахунок режимів різання при струганні

Стругання, з точки зору стружкоутворення, має спільні риси з точінням. При цьому виді обробки використовується інструмент схожої форми і з однаковою геометрією різальної частини.

Глибина різання t , мм і число проходів зумовлюються припуском на обробку та потужністю верстата. Вони встановлюються, як і при точінні.

При чорновому струганні необхідно намагатися зняти припуск за один прохід.

Подача S , мм/пдв.хід при чорновому струганні вибирається максимально допустимою з табл. В.3, при чистовому струганні – з табл. В.5, а при відрізанні пазів — з табл. В.6.

Швидкість різання при струганні площин прохідними різцями, при прорізанні пазів і відрізанні, розраховується за відповідними формулами для точіння (2.10–2.12). При цьому в формулу (2.13) вводиться додатковий поправковий коефіцієнт (K_{yv}), що враховує ударне навантаження на різець. При поздовжньому струганні $K_{yv} = 1,0$; а при поперечному – $K_{yv} = 0,8$.

Після визначення швидкості різання розраховується число подвійних ходів в хвилину:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{L(1+m)} \text{ [пдв.хід/хв]}, \quad (2.55)$$

де V_p – розрахункова швидкість різання, м/хв;

L – розрахункова довжина ходу різця, мм;

m – відношення швидкості робочого ходу різця до швидкості холостого хода. Зазвичай приймається $m = 0,75$.

$$L = l_1 + l_2, \text{ [мм]} \quad (2.56)$$

де l_1 – довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_2 – пробіг різця в обидві сторони, мм.

Розрахована величина n_p коригується за паспортом верстата і приймається найближча менша величина.

Після коригування встановлюється фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{L(1+m) \cdot n_p}{1000} \text{ [м/хв]}. \quad (2.57)$$

Сила, потужність різання і коефіцієнт використання верстата за потужності визначаються за формулами для точіння.

2.4.8 Розрахунок режимів різання при протягуванні

Подача при протягуванні відповідає товщині зрізаного шару і дорівнює різниці між висотами сусідніх зубів протяжки, яка називається подачею на зуб S_z , та зазвичай приймається такою, що дорівнює 0,1–0,2 мм.

В табл. В.42 наведено рекомендовані подачі залежно від матеріалу і умов різання.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^y} \text{ [м/хв]}, \quad (2.58)$$

де T – період стійкості протягання, хв. (приймається в межах 106–500 хв);

C_v – коефіцієнт, який залежить від якості оброблюваного матеріалу, матеріалу різальної частини інструмента, умов різання тощо.

Значення C_v та показників степеня m і y наведені в табл. В.43.

Величина V_p повинна бути в межах інтервалу швидкості, зазначених у паспорті обраного верстата.

Сила різання при протягуванні визначається за формулою:

$$P_z = P \cdot \Sigma B \cdot K \text{ [Н]}, \quad (2.59)$$

де P – сила різання, яка припадає на 1 мм довжини різальної кромки зуба протяжки, Н·мм (табл. В.44);

ΣB – найбільша сумарна довжина кромки всіх зубів, що одночасно різують, мм;

K – поправковий коефіцієнт.

$$\Sigma B = B \cdot Z_p, \text{ [мм]} \quad (2.60)$$

де B – периметр різання, мм; Z_p – найбільше число зубів, що одночасно різують,

$$Z_p = l/t, \quad (2.61)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, мм; t – крок різальних зубів протягування (рис. 2.11).

Поправковий коефіцієнт K , що враховує вплив геометрії протягування, зношування різальної частини та умови різання, визначається за формулою:

$$K = K_\alpha \cdot K_\gamma \cdot K_h \cdot K_o \quad (2.62)$$

де K_α, K_γ – коефіцієнти, що враховують вплив переднього і заднього кутів протяжки (табл. В.45); K_h – коефіцієнт, що враховує вплив зношування зубів протяжки. При відсутності зношування $K_h = 1$, при зношуванні до 0,3 мм – $K_h = 1,1$; при зношуванні понад 0,3 мм – $K_h = 1,75$. K_o – коефіцієнт, що враховує охолодження зони різання. При роботі без охолодження $K_o = 1,34$; з охолодженням – $K_o = 1,0$.

Значення розрахованої сили P_z повинно бути менше номінального тягового зусилля обраного верстата.

Показники потужності можна розрахувати, скориставшись формулами (2.18), (2.19).

Приклад розрахунку режимів різання для фрезерування

Вхідні дані:

- розмір заготовки 23 мм (прокат);
- розмір деталі 20 мм (h12);
- матеріал деталі – чавун СЧ18 ГОСТ 1412-85;
- потужність верстата $N_e = 8,5$ кВт;
- ширина фрезерування 40 мм;
- інструмент: фреза торцева з конічним хвостовиком, 2214-0327 ВК8 (Ø50) ГОСТ 1092-80 ($z = 6$).

Припуск та глибина різання

Припуск визначаємо як різницю розмірів заготовки та деталі:

$$23 - 20 = 3 \text{ (мм)}.$$

Відповідно до рекомендацій призначаємо обробку за два переходи: чорновий та напівчистовий. Глибина різання для першого переходу складатиме 65% припуску, а для другого – 35%.

$$t_1 = 3 \cdot 0,65 = 1,95 \text{ (мм)};$$

$$t_2 = 3 \cdot 0,35 = 1,05 \text{ (мм)}.$$

Для подальших розрахунків в прикладі наведені дані для чорнової обробки з глибиною різання $t_1 = 1,95$ мм.

Подача

Користуючись таблицею В.24, врахувавши різальний матеріал ВК8, тип фрези та чорнову обробку, обираємо подачу в межах 0,2–0,29 мм/зуб, приймаємо значення подачі $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість різання

Швидкість різання розрахуємо за формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V,$$

де $C_V = 332$ – коефіцієнт для визначення швидкості різання (табл. В.29);

$T = 120$ хв – період стійкості інструмента (табл. В.31);

$m = 0,2$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,2$; $p = 0$ – показники степеня для визначення швидкості різання (табл. В.29);

K_V – загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

де K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки $K_{nv} = 0,9$, (табл. В.9);

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента $K_{uv} = 0,83$, (табл. В.9);

K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу і розраховується за формулою:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1;$$
$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,83 = 0,75.$$

Тоді:

$$V = \frac{332 \cdot 50^{0,2}}{120^{0,2} \cdot 1,95^{0,1} \cdot 0,25^{0,4} \cdot 40^{0,2} \cdot 6^0} \cdot 0,75 = 162,77 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя

Розрахункову частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 162,77}{\pi \cdot 50} = 1036,75 \text{ (об/хв)};$$

за паспортом верстата приймаємо:

$$n_{np} = 1000 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right).$$

Фактична швидкість різання

Корегуємо швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 1000}{1000} = 157 \text{ (м/хв)}.$$

Сила різання

Силу різання розрахуємо за формулою:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp},$$

де $C_p = 825$ – коефіцієнт для визначення швидкості різання (табл. В.32);

$q = 1,3$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $w = 0,2$ – показники степеня для визначення сили різання (табл. В.32);

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^1 = 1.$$

Тоді маємо:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 1.95^{1.0} \cdot 0.25^{0.75} \cdot 40^{1.1} \cdot 6}{\cdot 50^{1.3} \cdot 1000^{0.2}} \cdot 1 = 3067 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{3067 \cdot 157}{60 \cdot 1020} = 7.87 \text{ (кВт)}.$$

$N_e > N$ (7,5 кВт > 5,83 кВт) – обробка заданої поверхні можлива.

Порядок виконання пункту 3 роботи (додаток А)

1. Відповідно до вихідних даних визначити величини припусків для кожного виду обробки.

2. Відповідно до обраних методів обробки поверхонь та визначеної кількості переходів визначити глибини різання для кожного з переходів.

3. Користуючись теоретичними відомостями та довідковими даними розрахувати режими різання для двох методів обробки поверхонь, що вибрані в попередньому пункті (приклад розрахунку наведено вище).

4. Дані, отримані під час розрахунків, оформити у вигляді зведеної таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Зведена таблиця режимів різання

№ переходу	Назва переходу	Діаметр поверхні деталі D , мм	Глибина різання t , мм	Подача S , мм/хв	Розрахункова швидкість різання V_p , м/хв.	Розрахункова частота обертання n_p , хв ⁻¹ (об/хв)	Дійсна швидкість різання V_ϕ , м/хв	Дійсна частота обертання n_ϕ , хв ⁻¹ (об/хв)

Перелік використаної літератури

1. Медвідь М. В. Теоретичні основи технології машинобудування / Медвідь М. В., Шабайкевич В. А. – Львів : Видавниче об'єднання «Вища школа». 1976. – 299 с.

2. Руденко П. С. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посібник / П. С. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.

3. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) для студентів всіх спец. / Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 58 с.

4. Сторож Б. Д. Технологічні основи машинобудування : навчальний посібник. / [Сторож Б. Д. та ін.]. – Івано-Франківськ; Хмельницький : ТУП, 2003. – 153 с.

5. Техніка і технологія машинобудування : навчальний посібник / К. С. Соколан, Ю. В. Савицький, В. Д. Каразей, Л. В. Присяжний. – Хмельницький : ХДУ, 2004. – 117с.

6. Балакшин Б. С. Основи технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1969. – 559 с.

7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / [сост. Абрамов Ю. А., Андреев В. Н., Горбунов Б. И. и др.]. ; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — М. : Машиностроение, 1985. — Т. 2. — 1985. — 496 с.

ДОДАТКИ

Додаток А
Завдання на контрольну роботу

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри ТАМ, проф., д.т.н.
Л. Г. Козлов
(підпис)

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
на контрольну роботу з дисципліни «ТОМ»

студенту _____ факультету _____ групи _____
Варіант _____

ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Вступ

1. Визначення можливих способів обробки поверхонь деталі.
2. Методи отримання необхідної точності розміру та шорсткості поверхні заданої деталі. Вибір обладнання.
3. Призначення припусків та розрахунок режимів різання.

Висновок

Перелік посилань

Додаток А – Креслення деталі

ЛІТЕРАТУРА

1. Медвідь М. В. Теоретичні основи технології машинобудування / Медвідь М. В., Шабайкевич В. А. – Львів : Видавниче об'єднання «Вища школа». 1976. – 299 с.
2. Руденко П. С. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посібник / П. С. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.
3. Сторож Б. Д. Технологічні основи машинобудування : навчальний посібник / [Сторож Б. Д. та ін.]. – Івано-Франківськ; Хмельницький : ТУП, 2003. – 153 с.
4. Техніка і технологія машинобудування : навчальний посібник / К. С. Соколан, Ю. В. Савицький, В. Д. Каразей, Л. В. Присяжний. – Хмельницький : ХДУ, 2004. – 117с.
5. Балакшин Б. С. Основи технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1969. – 559 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / [сост. Абрамов Ю. А., Андреев В. Н., Горбунов Б. И. и др.]. ; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — М. : Машиностроение, 1985. — Т. 2. — 1985. — 496 с.

Дата видачі ” _____ ” _____ 20__ р. Викладач _____
(підпис)

Завдання отримав _____
(підпис)

Додаток Б
Титульний аркуш контрольної роботи

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

КОНТРОЛЬНА РОБОТА
з дисципліни «ТОМ»
08-26.ТОМ.ХХХ (номер заліковки)
Варіант _____

Розробив студент гр. _____

(підпис, прізвище та ініціали)

” ___ ” _____ 20__ р.

Перевірив:

к.т.н., доц. _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

” ___ ” _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ 20_____

Додаток В

Таблиці для розрахунку режимів різання

Таблиця В.1 – Рекомендовані сфери застосування швидкорізальних сталей

Марка сталі	Властивості	Сфери застосування
P9	Середня міцність, підвищена зносостійкість при середніх і підвищених швидкостях різання, підвищена пластичність при температурах гарячої деформації.	Інструмент простої форми з малою площею шліфованих поверхонь (різці, свердла, зенкери та ін.) для обробки звичайних конструкційних матеріалів.
P18	Середня міцність, підвищена зносостійкість при малих і середніх швидкостях різання.	Різальний інструмент усіх видів, також і для обробки конструкційних матеріалів в умовах динамічних навантажень. Для фасонних і складних інструментів, для яких основною вимогою є висока зносостійкість.
P6M5, P9M4, P6M3, P8M3	Підвищена міцність, підвищена схильність до знеуглецювання і вигорання молібдену.	Ті ж, що і для сталі P18
P9Ф5, P14Ф4, P12Ф5М, 10P8М3, P12Ф3	Підвищена зносостійкість при низьких і середніх швидкостях різання.	Для зняття стружки невеликого перерізу; для обробки матеріалів, що мають абразивні властивості в умовах нормального нагрівання різальної кромки.
P18K5Ф2, P6M5K5, P10Ф5K5, P8M3K6C, P12M3Ф2K8.	Підвищені вторинна твердість і зносостійкість.	Для обробки високоміцних, корозійностійких і жароміцних сталей і сплавів в умовах підвищеного нагріву різальної кромки.
V11M7K23, V3M12K23, V18M7K25, 18M4K25, 25V20K25ХФ, 3V20K16ХФ.	Підвищена вторинна твердість, висока зносостійкість.	Для обробки титанових сплавів, високоміцних, корозійностійких і жароміцних сталей; матеріалів, що мають абразивні властивості в умовах підвищеного нагріву різальної кромки.

Таблиця В.2 – Рекомендовані сфери застосування твердих сплавів

Вид обробки	Оброблюваний матеріал								
	Сталі				Сплави			Чавуни	
	вуглецеві	леговані	інструментальні	корозійностійкі	жароміцні	тугоплавкі	кольорові	з НВ до 2400	з НВ більше 2400
Точіння, фрезерування, стругання: чистове	T30K4	T30K4	BK3M	BK6M	BK6M	BK3M	BK6M	BK6M	BK3M
	T15K6	T14K8	BK3	T15K6	BK6OM	BK6M	T18K6	BK8	BK3
чорнове	T5K10	T14K8	BK6	BK6M BK8	BK4	BK8	BK6	BK6	BK6
	T5K12	T5K10	T14K8	BK100M	BK6	BK100M	BK8	BK6M	BK8
Свердління отворів: 1 < 5D	TT7K12	TT10K8	BK8	TT7K12	BK8	BK150M	TT8K6	BK8	T18K6
	TT10K8	T6K12	T5K10		BK150M	BK6M	BK6M	BK8	BK100M
1 > 5D	T5K10	T5K10	BK8	T5K12	BK8	BK8	BK4	BK4	BK8
	BK8	BK10M	BK10M	BK8	BK10M	BK6M	BK6M	BK6	BK10
1 > 5D	T14K8	BK8		BK100M	BK100M	BK100M		BK8	BK6M
	T5K12	T5K12	T5K12	T5K12	BK8	BK6OM	BK4	BK6	BK8
	BK8	BK8	BK8	BK8	BK100M	BK8	BK6M	TT8K6	TT8K6

Таблиця В.3 – Рекомендовані подачі при чорновому зовнішньому точінні

Діаметр деталі, мм	Розмір державки різця, мм	Оброблюваний матеріал					
		Сталь			Чавун і мідні сплави		
		Подача S , мм/об при глибині різання t , мм					
		до 3	від 3 до 5	від 5 до 8	до 30	від 3 до 5	від 5 до 8
До 20	Від 16×25 до 25×25	0,3–0,4	-	-	-	-	-
20–40	Від 16×25 до 25×40	0,4–0,5	0,3–0,4	-	0,4–0,5	-	-
40–60	Від 16×25 до 25×40	0,5–0,9	0,4–0,8	0,3–0,7	0,6–0,9	0,5–0,8	0,4–0,7
60–100	Від 16×25 до 25×40	0,6–1,2	0,5–1,1	0,5 - 0,9	0,8–1,4	0,7–1,2	0,6–1,0

Примітки:

1. При обробці переривистих поверхонь і при роботі з ударними навантаженнями табличні значення подач слід зменшувати на 15–25 %.

2. При обробці загартованих сталей з HRC 44–56 табличні значення необхідно зменшувати, помноживши на коефіцієнт 0,8; для сталей з HRC 57–62 – на коефіцієнт 0,5.

Таблиця В.4 – Рекомендовані подачі при чорновому розточуванні

Діаметр круглого перерізу різця або розміри прямокутного перерізу державки	Оброблюваний матеріал							
	Сталь				Чавун і мідні сплави			
	Подача S , мм/об, при глибині різання t , мм							
10	0,08	-	-	-	0,12–0,16	-	-	-
12	0,10	0,08	-	-	0,12–0,20	-	-	-
16	0,10	0,15	0,10	-	0,20–0,30	-	0,10–0,18	-
20	0,20	0,15	0,12	-	0,30–0,40	0,12–0,18	0,12–0,25	-
30	0,30	0,25	0,12	-	0,50–0,80	0,15–0,25	0,25–0,45	-
40	0,50	0,20	0,30	-	-	0,25–0,35	0,30–0,80	-
40×40	0,40	0,50	0,15	-	-	0,40–0,60	0,40–0,70	0,30
60×60	0,70	0,25	0,40	-	-	0,60–0,80	0,70–0,90	-
	-	0,60	0,30	-	-	0,60–0,90	-	0,40
	-	0,40	0,60	0,40–0,70	-	0,90–1,2	-	0,50
	-	0,70	0,50	-	-	-	-	-
		0,70	0,80	-	-	-	-	0,70
		1,0	-	-	-	-	-	-

Примітки:

1. При обробці жароміцних сталей і сплавів подачі більше 1 мм/об не застосовувати.
2. При обробці переривистих поверхонь і при роботі з ударами табличні значення подач слід зменшувати на 15–25%.
3. При обробці загартованих сталей з HRC 44–56 значення подач потрібно зменшувати, помножуючи на коефіцієнт – 0,8; а з HRC 57–62 на коефіцієнт 0,5.

Таблиця В.5 – Подачі при чистовому точінні

Шорсткість обробленої поверхні		Радіус при вершині різця, мм					
Ra	Rz	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63 1,25, 2,5	-	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
	-	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
	-	0,14	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примітка. Подачі наведені для обробки сталей $\sigma = 700\text{--}900$ МПа і чавунів. Для сталей $\sigma = 500\text{--}700$ МПа значення подачі необхідно помножити на коефіцієнт $K_s = 0,45$, а для сталей $\sigma = 900\text{--}1100$ МПа – на коефіцієнт $K_s = 1,25$.

Таблиця В.6 – Подачі при прорізанні пазів і відрізанні

Діаметр оброблюваної деталі, мм	Ширина різальної кромки різця, мм	Оброблюваний матеріал	
		Сталі	Чавуни, мідні і алюмінієві сплави
До 20	3	0,06–0,08	0,11–0,14
20–40	3–4	0,10–0,12	0,16–0,19
40–60	4–5	0,13–0,16	0,20–0,24
60–100	5–8	0,16–0,23	0,24–0,32
100–150	6–10	0,18–0,26	0,30–0,40

Примітка. Для загартованої конструкційної сталі табличні значення подач необхідно зменшити на 30% при HRC<50 і на 50% при HRC>50.

Таблиця В.7 – Значення коефіцієнта C_v і показників степеня m , x , y при точінні

Вид обробки	Матеріал різальної частини різця	Подача	Коефіцієнт C_v і показники степеня			
			C_v	x	y	M
Обробка конструкційної сталі						
Точіння	твердий сплав	$S < 0,3$	420	0,15	0,20	0,20
		$S = 0,3-0,7$	350	0,15	0,35	0,20
		$S > 0,7$	340	0,15	0,45	0,20
Відрізання	твердий сплав	-	47,0	-	0,80	0,20
	швидкоріза-льна сталь	-	23,7	-	0,66	0,25
Обробка сірого чавуну						
Точіння	твердий сплав	$S \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	243	0,15	0,40	0,20
Відрізання	твердий сплав	-	68,5	-	0,40	0,20
Обробка ковкого чавуну						
Точіння	твердий сплав	$S \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	215	0,15	0,45	0,20
Відрізання	твердий сплав	-	86	-	0,40	0,20
Обробка мідних сплавів						
Точіння	Швидкоріза-льна сталь	$S \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$S > 0,20$	182	0,12	0,30	0,23
Обробка алюмінієвих сплавів						
Точіння	Швидкоріза-льна сталь	$S \leq 0,20$	485	0,12	0,25	0,28
		$S > 0,20$	328	0,12	0,50	0,28

Таблиця В.8 – Значення показників степеня n_v

Оброблюваний матеріал	Показники степеня n_v при обробці					
	Різцями		Свердлами, розвертками, зенкерами		Фрезами	
	з швидко- різальної сталі	з твердого сплаву	з швидко- різальної сталі	з твердого сплаву	з швидко- різальної сталі	з твердого сплаву
Сталь:						
Вуглецева (C 0,6%)	-1,0	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
σ_s , МПа: <450	1,75	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
450-550	1,75	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
>550						
вуглецева (C>0,6%)	1,5	1,0	0,9	1,0	1,35	1,0
хромонікелева	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромомарганцева						
хромокремна						
хромокремнемарганцева	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромонікельмолібденова						
хромованадієва					1,0	
марганцевиста						
хромонікельванадієва	1,50	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромомолібденова						
хромоалюмінієва						
хромонікельванадієва						
Чавун сірий	1,70	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
Чавун ковкий	1,30	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25

Таблиця В.9 – Значення поправкового коефіцієнта K_{nv}

Стан поверхні заготовки					
без кірки	з кіркою				
	Прокат	Поковка	Сталеві і чавунні відливання з кіркою		Мідні і алюмінієві сплави
			Нормальною	сильно забрудненою	
1,0	0,9	0,8	0,80–0,85	0,50–0,60	0,90

Таблиця В.10 – Значення поправкового коефіцієнта K_{uv}

Оброблюваний матеріал	Значення K_{uv} залежно від марки інструментального матеріалу						
	T5K12B	T5K10	P18	T15K6	P6M5	T30K4	BK8
Сталь конструкційна	0,75	0,65	0,8	1,05	1,15	1,4	0,4
Сталь загартована	HRC 35–50				HRC 51–62		
	T15K6	T30K4	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8
	1,0	1,25	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74
Сірий і ковкий чавун	BK8	BK6	BK4	BK3		P18	P6M3
	0,83	1,0	1,10	1,15		0,95	0,9
Мідні і алюмінієві сплави	P6M5	BK4	BK6	9XC	XBG	Y12A	
	1,0	2,5	2,7	0,6	0,6	0,5	

Таблиця В.11 – Значення коефіцієнтів K_φ і K_r

Головний кут в плані, φ°	Коефіцієнт K_φ	Радіус при вершині різця r , мм	Коефіцієнт K_r
20	1,4	1	0,94
40	1,2	2	1,0
45	1,0	3	1,03
60	0,9	-	-
75	0,8	5	1,13
90	0,7	-	-

Таблиця В.12 – Значення коефіцієнта C_p і показників степеня

Оброблюваний матеріал	Матеріал різця	Вид обробки	Коефіцієнт C_p і показники степеня											
			тангенціальної P_z				радіальної P_y				осьової P_x			
			C_p	x	Y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	Y	n
Конструкційна сталь	Твердий сплав	Зовнішнє точіння і розточування	300	1,0	0,75	-	243	0,9	0,6	-	339	1,0	0,5	-
		відрізання і прорізання	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	-	-	-	-
	швидко-різальна сталь	Зовнішнє точіння і розточування	200	1,0	0,75	0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
		відрізання і прорізання	247	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Сірий чавун	Твердий сплав	Зовнішнє точіння і розточування	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
	швидко-різальна сталь	відрізання і прорізання	158	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ковкий чавун	твердий сплав	Зовнішнє точіння і розточування	81	1,0	0,75	0	43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0
		відрізання і прорізання	139	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Мідні сплави	швидко-різальна сталь	Зовнішнє точіння, розточування, відрізання і прорізання	55	1,0	0,66	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		відрізання і прорізання	75	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Алюмінієві сплави		Зовнішнє точіння і розточування	40	1,0	0,75	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		відрізання і прорізання	50	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця В.13 – Поправковий коефіцієнт K_{mp} , що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

Обробка сталі та чавуну				
Оброблюваний матеріал	Розрахункова формула	Показник степеня n при визначенні		
		P_z при обробці різцями	$M_{кр}$ і P_0 при свердлінні, розсвердлюванні і зенкуванні	сили P_z при фрезеруванні
Конструкційна вуглецева і легрована сталь при: $\sigma_s = 600$ МПа $\sigma_s 600$ МПа	$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^n$	0,75/0,35	0,75/0,75	0,3
		0,75/0,75	0,75/0,75	0,3
Сірий чавун	$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Ковкий чавун	$K_{mp} = \left(\frac{HB}{150}\right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Обробка мідних та алюмінієвих сплавів				
Мідні сплави		Алюмінієви сплави		
Гетерогенні НВ 120 НВ > 120 Свинцеві при основній гетерогенній структурі і свинцеві з вмістом свинцю 10% при основній гомогенній структурі Гомогенні Мідь З вмістом свинцю		1,0 0,75 0,65–0,7 1,8–2,2 1,7–2,1 0,25–0,45	Алюміній і силумін Дюралюміній, σ_s , МПа 250 350 >350	1,0 1,5 2,0 2,75

Таблиця В.14 – Поправкові коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів інструменту на сили різання при обробці сталі та чавуну

Параметри			Поправкові коефіцієнти			
Найменування	Величина	Матеріал різальної частини інструменту	Позначення	Величина коефіцієнта для складових		
				P_x	P_z	P_y
Головний кут в плані, φ°	30	Твердий сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,00	1,00	1,00
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,50	1,17

Продовження таблиці В.14

Параметри			Поправкові коефіцієнти			
Найменування	Величина	Матеріал різальної частини інструменту	Позначення	Величина коефіцієнта для складових		
				P_z	P_x	P_y
Головний кут в плані, φ°	30	Швидкорізальна сталь	$K_{\varphi p}$	1,08	1,63	0,70
	45			1,00	1,00	1,00
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,32
Передній кут, γ°	-15	Твердий сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,00
	0			1,10	1,40	1,40
	10	1,00		1,00	1,00	
	12–15 20–25	Швидкорізальна сталь		1,15 1,00	1,60 1,00	1,70 1,00
Кут нахилу головної різальної кромки, λ°	-5	Твердий сплав	$K_{\lambda p}$	1,00	0,75	1,07
	0			0,98	1,00	1,00
	5			0,96	1,25	0,85
	15			0,92	1,70	0,65
	-5	Швидкорізальна сталь		1,10	0,98	0,97
	0			0,98	1,00	0,96
5	0,97	1,00	1,00			

Таблиця В.15 – Рекомендовані значення подачі S мм/об при свердлінні свердлами зі швидкорізальної сталі

Діаметр свердла, D мм	Сталь				Чавун, мідні і алюмінієві сплави	
	НВ<1600	НВ 1600–2400	НВ 2400–3000	НВ>3000	НВ 1700	НВ>1700
2–4	0,09–0,13	0,08–0,10	0,06–0,07	0,04–0,06	0,12–0,18	0,09–0,12
4–6	0,13–0,19	0,10–0,15	0,07–0,11	0,06–0,09	0,18–0,27	0,12–0,18
6–8	0,19–0,26	0,15–0,20	0,11–0,14	0,09–0,12	0,27–0,36	0,18–0,24
8–10	0,26–0,32	0,20–0,25	0,14–0,17	0,12–0,15	0,36–0,45	0,24–0,31
10–12	0,32–0,36	0,25–0,28	0,17–0,20	0,15–0,17	0,45–0,55	0,31–0,35
12–16	0,36–0,43	0,28–0,33	0,20–0,23	0,17–0,20	0,55–0,66	0,35–0,41
16–20	0,43–0,49	0,33–0,38	0,23–0,27	0,20–0,23	0,66–0,76	0,41–0,47
20–25	0,49–0,58	0,38–0,43	0,27–0,32	0,23–0,26	0,76–0,89	0,47–0,54
25–30	0,43–0,48	0,43–0,48	0,32–0,35	0,26–0,29	0,89–0,96	0,54–0,60
30–40	0,48–0,58	0,48–0,58	0,35–0,42	0,29–0,35	0,96–1,19	0,60–0,71
40–50	0,58–0,66	0,58–0,66	0,42–0,48	0,35–0,40	1,19–1,36	0,71–0,81

Примітка. При використанні свердл з різальною частиною з твердого сплаву наведені значення подач необхідно помножити на коефіцієнт 0,6.

Таблиця В.16 – Рекомендовані подачі, S мм/об, при обробці отворів зенкерами з швидкорізальної сталі і твердого сплаву

Оброблюваний матеріал	Діаметр зенкера D , мм						
	До 15	15 до 20	20 до 25	25 до 30	30 до 35	35 до 40	40 до 50
Сталь	0,5–0,6	0,6–0,7	0,7–0,9	0,8–1,0	0,9–1,1	0,9–1,2	1,0–1,3
Чавун, НВ<2000 і мідні сплави	0,7–0,9	0,9–1,1	1,0–1,2	1,1–1,3	1,2–1,5	1,4–1,7	1,6–2,0
Чавун, НВ>2000	0,5–0,6	0,6–0,7	0,7–0,8	0,8–0,9	0,9–1,1	1,0–1,2	1,2–1,4

Примітка. При зенкеруванні глухих отворів подача не повинна перевищувати 0,3–0,6 мм/об.

Таблиця В.17 – Подачі S , мм/об при чорновому розвертуванні отворів розвертками з швидкорізальної сталі

Оброблюваний матеріал	Діаметр розвертки D , мм							
	До 10	10 до 15	15 до 20	20 до 25	25 до 30	30 до 35	35 до 40	40 до 50
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Чавун, НВ<2000 і мідні сплави	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8
Чавун, НВ>2000	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1

Примітки:

1. При чистовому розвертуванні подачу слід зменшувати, перемножуючи на коефіцієнт $K_{os} = 0,75$.

2. При використанні розверток з різальною частиною з твердого сплаву подачу необхідно зменшувати, перемножуючи на коефіцієнт $K_{us} = 0,7$.

3. При розвертанні глухих отворів подача не повинна перевищувати значень 0,2–0,5 мм/об.

Таблиця В.18 – Значення поправкового коефіцієнта K_{ls} , що враховує глибину різання при свердлінні

Глибина оброблюваного отвору по відношенню до діаметра D	$l \leq 5D$	$l \leq 7D$	$l \leq 10D$
Коефіцієнт K_{ls}	0,9	0,8	0,75

Таблиця В.19 – Значення C_v і показників степеня для визначення швидкості різання при свердлінні

Оброблюваний матеріал	Матеріал різальної частини інструменту	Подача	C_v і показники степеня			
		S , мм/об	C_v	q	y	t
Сталь конструкційна, $\sigma_s=750$ МПа	Швидкорізальна сталь	$\leq 0,2$	7,0	0,4	0,7	0,2
		$> 0,2$	9,8		0,5	
Сірі чавуни	Твердий сплав	$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	17,1		0,4	
Мідний сплав	Швидкорізальна сталь	$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	32,6		0,40	
Алюмінієві сплави	Швидкорізальна сталь	$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	40,7		0,40	

Примітка. Наведені в таблиці параметри для свердл з швидкорізальної сталі відповідають їх подвійному заточуванню і підточеній перемичці. При одинарному заточуванні розраховану швидкість різання слід зменшити, помноживши на коефіцієнт $K_{zv}=0,75$.

Таблиця В.20 – Значення C_v і показників степеня для визначення швидкості різання при розсвердлюванні, зенкуванні і розвертуванні

Оброблюваний матеріал	Вид обробки	Матеріал інструменту	Коефіцієнт C_v і показники				
			C_v	q	x	y	t
Конструкційна вуглецева сталь	Розсвердлювання	Швидкорізальна сталь	16,2	0,4	0,2	0,5	0,2
		Твердий сплав	10,8	0,6		0,3	0,25
	Зенкування	Швидкорізальна сталь	16,3	0,3		0,5	0,3
		Твердий сплав	18,0	0,6		0,3	0,25
	Розвертування	Швидкорізальна сталь	10,5	0,3	0,2	0,65	0,4
		Твердий сплав	00,6	0,3	0,0	0,65	
Чавун сірий конструкційний	Розсвердлювання	Швидкорізальна сталь	23,4	0,25	0,1	0,4	0,125
		Твердий сплав	56,9	0,5	0,15	0,45	0,4
	Зенкування	Швидкорізальна сталь	18,8	0,2	0,1	0,4	0,125
		Твердий сплав	105,0	0,4	0,15	0,45	0,4
	Розвертування	Швидкорізальна сталь	15,6	0,2	0,1	0,5	0,3
		Твердий сплав	109,0	0,2	0,0	0,5	0,45

Таблиця В.21 – Середні значення періоду стійкості T , хв, свердл, зенкерів і розверток

Інструмент (операція)	Оброблюваний матеріал	Матеріал інструменту	T , хв, при діаметрі інструменту					
			до 5	6–10	11–20	21–30	31–40	41–50
Свердло (свердління і розсвердлювання)	Конструкційна вуглецева і легована сталь	Швидко-різальна сталь	15	25	45	50	70	90
		Твердий сплав	8,0	15	20	25	35	45
Свердло (свердління і розсвердлювання)	Чавун, мідні і алюмінієві сплави	Швидко-різальна сталь	20	25	60	75	105	140
		Твердий сплав	15	25	45	50	70	90
Зенкер (зенкування)	Конструкційна вуглецева і легована сталь, чавун	Швидко-різальна сталь і твердий сплав	-	-	30	40	50	60
Розертка (розвертування)	Конструкційна вуглецева і легована сталь	Швидко-різальна сталь	-	25	40	80	80	120
		Твердий сплав	-	20	30	50	70	90
	Сірий і ковкий чавун	Швидко-різальна сталь	-	-	60	120	120	180
		Твердий сплав	-	-	45	75	105	135

Таблиця В.22 – Значення поправкового коефіцієнта K_{lv} , що враховує глибину різання при свердлінні

Глибина оброблюваного отвору відносно діаметра D	$D0-3D$	$3D-4D$	$4D-5D$	$5D-6D$	$6D-8D$	більше $8D$	розсвердлювання, зенкерування, розвертування
Коефіцієнт K_{lv}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	0,55	1,0

Таблиця В.23 – Значення показників і коефіцієнтів у формулах $M_{кр}$ і P_o при свердлінні, розсвердлюванні і зенкуванні

Оброблюваний матеріал	Операція	Матеріал інструменту	Коефіцієнти і показники у формулах							
			Крутного моменту				Осьової сили			
			C_m	q	x	y	C_p	q	x	y
Конструкційна сталь	Свердління	Швидко-різальна сталь	0,034	2,0	-	0,8	68	1,0	-	0,7
	Розсвердлювання і зенкерування		0,090	1,0	0,9	0,8	67	-	1,2	0,65
Конструкційна сталь, Чавун	Свердління	Твердий сплав	0,012	2,2	-	0,8	42	1,2	-	0,75
	Розсвердлювання і зенкерування		0,196	0,85	0,8	0,7	46	-	1,0	0,4
	Свердління	Швидко-різальна сталь	0,021	2,0	-	0,8	42,7	1,0	-	0,8
	Розсвердлювання і зенкерування		0,085	-	0,75	0,8	23,5	-	1,2	0,4
Мідні сплави	Свердління	Швидко-різальна сталь	0,012	2,0	-	0,8	31,5	1,0	-	0,8
	Розсвердлювання і зенкерування		0,031	0,85	0,75	0,8	17,2	-	1,0	0,4
Алюмінієві сплави	Свердління		0,005	2,0	-	0,8	9,8	1,0	-	0,7

Примітка. При використанні свердл з непідточеною перемичкою осьову силу слід збільшити, враховуючи коефіцієнт $K_o = 1,33$.

Таблиця В.24 – Подачі при чорновому фрезеруванні, при фрезеруванні? циліндричними і дисковими фрезами торців з твердого сплаву

Потужність верстата, кВт	Оброблюваний матеріал			
	Сталь		Чавун і мідні сплави	
	Подача на зуб S_z , мм/зуб, при твердому сплаві			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
до 10	0,09–0,18	0,12–0,18	0,14–0,24	0,20–0,29
більше 10	0,12–0,18	0,16–0,24	0,18–0,28	0,25–0,38

Примітки:

1. При використанні циліндричних фрез при $B > 30$ мм табличні значення подач зменшуються на 30%.

2. Для дискових фрез наведені подачі дійсні при обробці площин і уступів. При фрезеруванні пазів табличні значення подач слід зменшити в 2 рази.

Таблиця В.25 – Подачі при чорновому фрезеруванні циліндричними і дисковими та торцевими фрезами з швидкорізальної сталі

Потужність верстата, кВт	Зубці фрези	Фрези			
		Торцеві і дискові		Циліндричні	
		Подача на один зуб S_z , мм/зуб, при обробці			
		Сталей	Чавуну і мідних сплавів	Сталей	Чавуну і мідних сплавів
До 5	Великі	0,06–0,07	0,15–0,30	0,08–0,12	0,10–0,18
	Малі	0,04–0,06	0,12–0,20	0,05–0,08	0,06–0,12
5– 0	Великі	0,08–0,15	0,20–0,40	0,12–0,20	0,20–0,30
	Малі	0,06–0,10	0,15–0,30	0,06–0,10	0,10–0,15
понад10	Великі	0,15–0,25	0,30–0,50	0,30–0,40	0,40–0,60

Таблиця В.26 – Подачі при чистовому фрезеруванні S_o , мм/об циліндричними, дисковими та торцевими фрезами

Торцеві і дискові фрези зі вставними ножами		Циліндричні фрези з швидкорізальної сталі при діаметрі фрези, мм					
З твердого сплаву	З швидко-різальної сталі	конструкційна сталь			чавун, мідні і алюмінієві сплави		
		40–75	90–130	150–200	40– 5	90–130	150–200
0,4–1,20	0,23–1,20	0,6–2,7	1,0–3,8	1,3–5,0	0,6–2,3	0,8–3,0	1,1–3,7

Таблиця В.27 – Подачі при чорновому фрезеруванні твердосплавними кінцевими фрезами заготовок із сталі

Вид різальних елементів	Діаметр фрези, мм	Подача S_z , мм/зуб, при глибині фрезерування t , мм				
		до 3	3-5	5-8	8-12	12-20
Коронка	10–12	0,01–0,03	-	-	-	-
	14–16	0,02–0,06	0,02–0,04	-	-	-
	18–22	0,04–0,07	0,03–0,05	0,02–0,04	-	-
Гвинтові пластинки	20	0,06–0,10	0,05–0,08	0,03–0,05	-	-
	25	0,08–0,12	0,06–0,10	0,05–0,10	0,05–0,08	-
	30	0,10–0,15	0,08–0,12	0,06–0,10	0,05–0,09	0,04–0,07
	40	0,10–0,18	0,08–0,13	0,06–0,11	0,05–0,10	0,05–0,09
	50	0,10–0,20	0,1–0,15	0,08–0,12	0,06–0,10	0,06–0,10

Таблиця В.28 – Подачі при чистовому фрезеруванні S_o , мм/об твердосплавними кінцевими фрезами заготовок зі сталі

Діаметр фрези, мм	10–16	20–22	25–35	40–60
Подача S_o , мм/об	0,02–0,06	0,06–0,12	0,12–0,24	0,30–0,60

Примітка. При чорновому фрезеруванні чавуну значення подачі слід збільшити на 30–40 %.

Таблиця В.29 – Значення коефіцієнта C_v і показників степеня у формулі швидкості різання при фрезеруванні сталей та чавунів

Фрези	Матеріал різальної частини	Операція	Параметри зрізуваного шару			Коефіцієнт C_v і показники степеня						
			B	t	S_z	C_v	q	x	y	u	p	m
Обробка конструкційної сталі												
Торцеві	Твердий сплав	Фрезерування площин	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	Швидко-різальна сталь		-	-	≤ 1 $> 0,1$	64,7 41,0	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2
Циліндричні	Твердий сплав	Фрезерування площин	≤ 35	≤ 2 > 2	-	390 443	0,17	0,19 0,38	0,28	- 0,05 - 0,05	0,1	0,33
	Швидко-різальна сталь		> 35	≤ 2 > 2		616 700	0,17	0,19 0,38		0,08 0,08		
			-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дискові зі вставними ножами	Твердий сплав	Фрезерування площин	-	-	$< 0,12$ $\geq 0,12$	1340 740	0,2	0,4	0,12 0,4	0	0	0,35
		Фрезерування пазів	-	-	$< 0,06$ $\geq 0,06$	1825 690	0,2	0,3	0,12 0,4	0,1	0	0,35
	Швидко-різальна сталь	Фрезерування площин і пазів	-	-	0,1 $> 0,1$	75,5 48,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
Дискові цільні			-	-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кінцеві з коронами	Твердий сплав	Фрезерування площин, уступів і пазів	-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Кінцеві с напаяними пластинами			-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Кінцеві цільні			-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
Прорізнi і відрізнi	Швидко-різальна сталь	Прорізнання і відрізнання	-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,20
Шпонкові двокромкові		Фрезерування шпонкових пазів	-	-	-	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26

Продовження таблиці В.29

Фрези	Матеріал різальної частини	Операція	Параметри зрізуваного шару			Коефіцієнт C_v і показники степеня						
			B	t	S_z	C_v	q	x	y	u	p	m
Обробка чавуна, HB<150												
Торцеві	Твердий сплав	Фрезеруван- ня площин	-	-	$\leq 0,18$ $> 0,18$	994 695	0,22	0,17	0,1 0,32	0,22	0	0,33
	Швидко- різальна сталь		-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	90,5 57,4	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,20
Цилін- дричні			-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	77 49,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дискові суцільні	Швидко- різальна сталь	Фрезеруван- ня площин і пазів	-	-	-	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,20
Концеві			-	-	-	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Проріз- ні і відрізні		Прорізання пазів та відрізання	-	-	-	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,20
Обробка чавуна, HB > 150												
Торцеві	Твердий сплав		-	-	-	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	Швидко- різальна сталь		-	-	-	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Цилін- дричні	Твердий сплав		-	< 2,5	$\leq 0,2$ $> 0,2$	923 588	0,37	0,13	0,19 0,47	0,23	0,14	0,42
			-	2,5	$\leq 0,2$ $> 0,2$	1180 750	0,37	0,40	0,19 0,47			
	Швидко- різальна сталь	-	-	$\leq 0,15$ $> 0,15$	56,7 27	0,7	0,5	0,2 0,6	0,3	0,3	0,25	
Дискові суцільні	Швидко- різальна сталь	Фрезеру- вання площин і пазів	-	-	-	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
Кінцеві		Фрезеруван- ня площин, уступів і пазів	-	-	-	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
Проріз- ні і відрізні		Фрезеру- вання і відрізання	-	-	-	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15

Таблиця В.30 – Значення коефіцієнта C_v і показників степеня у формулі швидкості різання при обробці сплавів на мідній та алюмінієвій основі фрезами з швидкорізальної сталі

Фрези	Оброблюваний матеріал	Подача на зуб S_z , мм/зуб	C_v і показники степеня у формулі швидкості						
			C_v	q	x	y	u	p	t
Торцеві	мідні сплави	0,1 > 0,1	136 86,2	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
	алюмінієві сплави	0,1 > 0,1	245 155	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
Циліндричні	мідні сплави	0,1 > 0,1	115,5 74,3	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
	алюмінієві сплави	0,1 > 0,1	208 133,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дискові суцільні	мідні сплави	-	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
	алюмінієві сплави	-	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кінцеві	мідні сплави	-	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
	алюмінієві сплави	-	185,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорізні і відрізні	мідні сплави	-	111,3	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
	алюмінієві сплави	-	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

Таблиця В.31 – Середні значення періоду стійкості фрез

Фрези	Стійкість T , хв, при діаметрі фрези, мм												
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400	
Торцеві			120	180					240		300	400	
Циліндричні зі вставними ножами та суцільні з великими зубцями			-	180					240	-			
Циліндричні з дрібними зубцями	-		120	180									
Дискові	-					120	150	180	240	-			
Кінцеві	80	90	120	180	-								
Прорізні і відрізні	-				60	75	120	150	-				
Фасонні	-		120			180	-						

Таблиця В.32 – Значення C_p і показників степеня для фрезерування

Фрези	Матеріал інструменту	Коефіцієнт і показники степеня					
		C_p	x	y	u	q	w
Обробка конструкційної сталі							
Торцеві	Твердий сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Швидкорізальна сталь	82,5	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Циліндричні	Твердий сплав	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Дискові, прорізні, відрізні	Твердий сплав	261	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Кінцеві	Твердий сплав	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	- 0,13
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обробка сірого чавуну							
Торцеві	Твердий сплав	54,5	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	Швидкорізальна сталь	50	0,9	0,72	1,14	1,14	0
Циліндричні	Твердий сплав	58	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	Швидкорізальна сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Дискові, відрізні, прорізні, кінцеві	Швидкорізальна сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Обробка ковкого чавуну							
Торцеві	Твердий сплав	491	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Швидкорізальна сталь	50	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Всі інші	Швидкорізальна сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обробка мідних сплавів							
Всі типи	Швидкорізальна сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Примітка. Силу P_z при фрезеруванні алюмінієвих сплавів розраховувати, як для сталі, з введенням коефіцієнта 0,25.

Таблиця В.33 – Дані про шліфувальні круги

Оброблюваний матеріал	Кругле шліфування						Плоске шліфування		
	Зовнішнє			Внутрішнє					
	Тип абразиву	Зернистість	Тип зв'язки	Тип абразиву	Зернистість	Тип зв'язки	Тип абразиву	Зернистість	Тип зв'язки
Незагартована сталь	Є	36–60	До	Є	36–46	К Б	Є	36–46	До
Загартована сталь	Є ЕБ	46–80	К Б	Є БИ	46–60	К Б	Є	36–46	До
Чавун	КЧ	36–60	До	КЧ	36–46	До	КЧ	36–46	До
Алюмінієві сплави	КЧ	36–46	До	КЧ	36–46	До	КЧ	36–46	До
Латунь	КЧ	36–46	До	КЧ	46–60	До	КЧ	16–24	До
Бронза	КЗ	46–100	До	КЗ	60–80	До	КЗ	60–80	До

Таблиця В.34 – Поперечні подачі при круглому зовнішньому шліфуванні

Оброблюваний матеріал	Довжина шліфованої поверхні	Діаметр оброблюваної поверхні, мм, до						
		15	30	50	70	90	110	120
		Поперечна подача, S_{non} , мм						
Сталь сира	3Д	0,010	0,015	0,020	0,025	0,027	0,032	0,035
	(4–6)Д	0,009	0,012	0,017	0,020	0,022	0,025	0,030
	(7–10)Д	0,006	0,010	0,012	0,016	0,018	0,020	0,022
Сталь загартована	3Д	0,009	0,013	0,016	0,022	0,024	0,029	0,032
	(4–6)Д	0,008	0,011	0,015	0,018	0,019	0,020	0,025
	(7–10)Д	0,005	0,009	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020
Чавун, мідні сплави	3Д	0,014	0,021	0,028	0,035	0,038	0,045	0,049
	(4–6)Д	0,013	0,017	0,024	0,028	0,031	0,035	0,039
	(7–10)Д	0,008	0,014	0,017	0,022	0,025	0,028	0,031

Таблиця В.35 – Поперечні подачі при круглому внутрішньому шліфуванні

Оброблюваний Матеріал	Діаметр оброблюваних отворів, мм		
	20–40	41–70	71–100
	Поперечна подача, S_{non} , мм		
Сталь сира, чавун, мідні сплави	0,005–0,006	0,005–0,008	0,006–0,010
Загартована сталь	0,005–0,006	0,006–0,007	0,006–0,008

Примітка. При чистовому шліфуванні поперечні подачі для всіх оброблюваних матеріалів рекомендується приймати такими, що дорівнюють 0,003–0,004 мм.

Таблиця В.36 – Значення β для круглого зовнішнього шліфування

Оброблюваний матеріал	Глибина шліфування t , мм, до							
	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,050
	Коефіцієнт β							
Сталь звичайна	0,55	0,50	0,45	0,42	0,37	0,35	0,32	0,28
Сталь загартована	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,30	0,25
Чавун і мідні сплави	0,65	0,58	0,53	0,48	0,45	0,42	0,38	0,35

Таблиця В.37 – Значення β для круглого внутрішнього шліфування

Оброблюваний матеріал	Характер шліфування	Відношення діаметра до довжини шліфування				
		4 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3
		Значення β				
Сталь	Попереднє	0,75–0,60	0,70–0,68	0,60–0,50	0,60–0,45	0,45–0,50
	Остаточне	0,25–0,40	0,25–0,40	0,25–0,35	0,25–0,35	0,25–0,35
Чавун і мідні сплави	Попереднє	0,80–0,70	0,70–0,65	0,65–0,55	0,55–0,50	0,30–0,45
	Остаточне	0,30–0,40	0,30–0,45	0,30–0,40	0,30–0,40	0,30–0,40

Таблиця В.38 – Дані для визначення швидкості шліфування

Вид шліфування	Оброблюваний матеріал	C_v	K	x	m
Кругле з поперечною подачею на подвійний хід	Сталь незагартована	0,270	0,3	1,0	0,5
	Сталь загартована	0,240	0,3	1,0	0,5
	Чавун і мідні сплави	0,350	0,3	1,0	0,5

Таблиця В.39 – Дані для вибору діаметра кола при внутрішньому шліфуванні

Діаметр шліфованого отвору, мм	до 35	36–70	71–100	101–150	Більший 150
Відношення діаметра кола до діаметра шліфованого отвору	0,95	0,90	0,85–0,90	0,30	0,75–0,80

Таблиця В.40 – Дані для вибору ширини кола при внутрішньому шліфуванні

Довжина шліфованого отвору, мм	30	35	40	45	50	60	75	Більше 75
Ширина кола B , мм	20–25	22–28	25–30	30–35	32–40	40–50	50–60	60 і більше

Таблиця В.41 – Дані за визначенням, P_z при круглому шліфуванні

Оброблюваний матеріал	C_p	u	x	Y
Сталь сира	2,1	0,5	0,55	0,5
Сталь загартована	2,2	0,5	0,55	0,5
Чавун і мідні сплави	2,7	0,5	0,55	0,5

Таблиця В.42 – Рекомендовані подачі S_z при протягуванні

Типи протяжок	Оброблюваний матеріал				
	Сталі			Чавуни	Мідні сплави
	$\sigma < 500$ МПа	$\sigma = 500-750$ МПа	$\sigma > 750$ МПа		
1	2	3	4	5	6
Циліндричні	0,01–0,02	0,015–0,030	0,010–0,025	0,030–0,080	0,050–0,120
Прямокутні	0,030–0,120	0,050–0,150	0,030–0,120	0,060–0,200	0,060–0,150
Квадратні	0,015–0,080	0,020–0,150	0,015–0,120	0,030–0,150	0,050–0,200
Шліцеві з прямокутними шліцями	0,040–0,060	0,050–0,080	0,030–0,050	0,040–0,100	0,050–0,120
трикутними шліцями	0,030–0,060	0,040–0,060	0,030–0,050	0,040–0,080	-
Шпонкові і канавкові	0,050–0,150	0,050–0,200	0,050–0,120	0,060–0,200	0,080–0,200

Таблиця В.43 – Дані для розрахунку швидкості різання при протягуванні

Оброблюваний матеріал	Механічні властивості оброблюваного матеріалу, МПа		Тип протяжки								
	НВ	σ_b	Циліндричні			Шпонкові та шліцові					
						$S_z \leq 0,7$ мм			$S_z > 0,7$ мм		
			C_v	M	y	C_v	m	y	C_v	m	Y
Сталь	-	до 700	16,8	0,62	0,62	9,8	0,87	1,4	7,7	0,87	1,4
	-	700–750	15,5	0,62	0,62	8,8	0,87	1,4	7,0	0,87	1,4
	-	>700	11,2	0,62	0,62	6,3	0,87	1,4	5,0	0,87	1,4
Чавун	до 2000	-	14,0	0,5	0,6	6,2	0,6	0,95	6,2	0,6	0,95
	вище 2000	-	11,5	0,5	0,6	5,1	0,6	0,95	5,1	0,6	0,95

Таблиця В.44 – Сила різання P , Н, що припадає на 1 мм довжини різальної кромки протяжки

Подача S_z , мм	Оброблюваний матеріал							
	Вуглецева сталь			Легована сталь			Чавун	
	НВ < 197	НВ 198–229	НВ > 229	НВ < 197	НВ 198–229	НВ > 229	НВ ≤ 180	НВ > 180
0,01	65	71	85	76	85	91	55	75
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89
0,03	123	136	161	157	169	186	104	115
0,04	143	158	187	184	198	218	121	134
0,06	177	195	232	238	255	282	151	166
0,08	213	235	280	280	302	335	180	200
0,10	247	273	325	328	354	390	207	236
0,12	285	315	375	378	407	450	243	268
0,14	324	357	425	423	457	505	273	303
0,16	360	398	472	471	510	560	305	336
0,18	395	436	520	525	565	625	334	370
0,20	427	473	562	576	620	685	360	402
0,22	456	503	600	620	667	738	385	427
0,25	495	545	650	680	730	810	421	465
0,30	564	615	730	785	845	983	476	522

Примітка. НВ – твердість сплавів, МПа.

Таблиця В.45 – Значення коефіцієнтів K_α і K_γ при протягуванні

Коефіцієнти	Значення кутів				
	α°		γ°		
	$\alpha \leq 3^\circ$	$\alpha > 1^\circ$	$\gamma \leq 3^\circ$	$\gamma = 3-9^\circ$	$\gamma > 9^\circ$
K_α	1,12–1,20	1,00	-	-	-
K_γ	-	-	1,35	1,13	1,00

Додаток Г

Індивідуальні завдання

Таблиця Г.1 – Індивідуальні завдання

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат.		
1		1	Розмір деталі, мм	30	70	15	50	100	–	–	–	Сталь 45		
			Квалітет	14	14	14	10	14	14	14	–			
			Розмір заготовки, мм	–	–	20	58	–	–	–	–			
		2	Розмір деталі, мм	30	70	20	55	110	–	–	–	СЧ 18		
			Квалітет	21	14	12	14	10	14	14	–			
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	60	115	–	–	–			
		3	Розмір деталі, мм	30	70	12	50	100	–	–	–	АЛ 9		
			Квалітет	14	14	9	12	14	14	14	–			
			Розмір заготовки, мм	–	–	18	60	–	–	–	–			
		2		1	Розмір деталі	35	70	30	30	100	15	–	–	Сталь 45
					Квалітет	14	14	14	10	14	14	14	–	
					Розмір заготовки	–	–	–	58	105	–	–	–	
2	Розмір деталі			35	70	30	40	100	15	–	–	СЧ 18		
	Квалітет			14	14	14	10	14	14	14	–			
	Розмір заготовки			–	–	–	60	110	–	–	–			
3	Розмір деталі			35	70	20	25	100	15	–	–	АЛ 9		
	Квалітет			14	14	14	10	14	14	14	–			
	Розмір заготовки			–	–	–	58	–	20	–	–			
					Шорсткість	–	–	–	6,3	–	–	–		
					Шорсткість	–	–	–	6,3	–	–	–		

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
3		1	Розмір деталі, мм	70	70	40	15	100	–	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	10	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	50	0	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	6,3	6,3	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі, мм	70	65	30	10	115	–	–	–	СЧ 18
			Квалітет	21	14	12	14	9	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	60	130	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	6,3	–	–	–	
		3	Розмір деталі, мм	50	50	32	18	100	–	–	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	8	12	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	42	0	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	2,5	–	–	–	–	–	
4		1	Розмір деталі	45	80	24	30	100	15	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	6	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	30	–	115	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	1,6	–	–	–	
		2	Розмір деталі	45	80	18	20	90	15	–	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	8	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	110	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	2,5	–	–	–	
		3	Розмір деталі	45	80	20	20	86	15	–	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	14	8	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	96	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	2,5	–	–	–	

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
5		1	Розмір деталі, мм	40	35	38	38	150	–	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	9	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	50	0	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	6,3	6,3	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі, мм	40	25	30	25	115	–	–	–	СЧ 18
			Квалітет	21	14	12	14	9	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	35	130	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	6,3	–	–	–	
		3	Розмір деталі, мм	35	25	30	25	150	–	–	–	АЛ 9
			Квалітет	21	14	12	14	8	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	35	165	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	2,5	–	–	–	
6		1	Розмір деталі	15	70	13	30	80	–	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	6	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	30	–	115	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	1,6	–	–	–	
		2	Розмір деталі	45	80	18	20	90	15	–	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	8	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	110	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	2,5	–	–	–	
		3	Розмір деталі	45	80	25	40	145	15	–	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	14	8	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	155	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	2,5	–	–	–	

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
7		1	Розмір деталі, мм	40	60	42	15	150	–	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	9	14	14	14	14	
			Розмір заготовки, мм	–	–	50	0	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	6,3	6,3	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі, мм	40	50	22	10	150	–	–	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	10	12	14	14	14	14	
			Розмір заготовки, мм	–	–	30	0	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	6,3	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі, мм	40	50	22	15	120	–	–	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	10	12	14	14	14	14	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	0	140	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–	
8		1	Розмір деталі	15	70	23	10	76	12	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	7	14	12	14	14	14	
			Розмір заготовки	–	–	30	–	80	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	1,6	–	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі	20	70	23	10	106	16	–	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	7	14	12	14	14	14	
			Розмір заготовки	–	–	30	–	115	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	1,6	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі	15	70	23	10	110	18	–	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	7	14	12	14	14	14	
			Розмір заготовки	–	–	30	–	120	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	1,6	–	–	–	–	–	

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
9		1	Розмір деталі, мм	10	30	80	60	120	-	-	-	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	9	14	14	14	-	
			Розмір заготовки, мм	-	-	50	0	-	-	-	-	
			Шорсткість (Ra, мкм)	-	-	6,3	6,3	-	-	-	-	
		2	Розмір деталі, мм	15	40	80	50	120	-	-	-	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	9	14	14	-	
			Розмір заготовки, мм	-	50	-	-	130	-	-	-	
			Шорсткість (Ra, мкм)	-	-	-	-	6,3	-	-	-	
		3	Розмір деталі, мм	35	70	95	80	150	-	-	-	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	10	14	14	14	-	
			Розмір заготовки, мм	-	50	-	75	-	-	-	-	
			Шорсткість (Ra, мкм)	-	-	-	6,3	-	-	-	-	
10		1	Розмір деталі	30	15	60	60	150	60	-	-	Сталь 45
			Квалітет	14	14	7	14	12	14	14	-	
			Розмір заготовки	-	-	70	-	160	-	-	-	
			Шорсткість	-	-	1,6	-	-	-	-	-	
		2	Розмір деталі	30	15	55	60	100	55	-	-	СЧ 18
			Квалітет	14	14	10	14	10	14	14	-	
			Розмір заготовки	-	-	62	-	112	-	-	-	
			Шорсткість	-	-	6,3	-	6,3	-	-	-	
		3	Розмір деталі	30	15	35	60	68	38	-	-	АЛ 9
			Квалітет	14	14	12	14	10	14	14	-	
			Розмір заготовки	-	-	62	-	74	42	-	-	
			Шорсткість	-	-	-	-	-	-	-	-	

			Шорсткість	-	-	6,3	-	6,3	-	-	-	
--	--	--	------------	---	---	-----	---	------------	---	---	---	--

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
11		1	Розмір деталі, мм	40	60	160	18	100	–	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	9	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	175	0	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	3,2	6,3	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі, мм	40	50	95	8	70	–	–	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	12	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	40	105	–	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	3,2	6,3	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі, мм	40	58	120	9	70	–	–	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	9	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	40	–	0	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	3,2	6,3	6,3	–	–	–	–	
12		1	Розмір деталі	90	40	15	50	35	15	22	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	8	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	–	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі	90	40	15	50	35	25	12	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	14	10	9	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	–	8	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	6,3	–	–	
		3	Розмір деталі	95	80	30	60	10	18	4	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	14	14	8	12	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	–	6	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	6,3	–	–	

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
13		1	Розмір деталі, мм	95	40	15	50	35	18	22	25	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	8	14	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	–	40	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі, мм	95	55	15	50	35	18	30	20	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	9	14	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	–	38	–	14	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі, мм	95	55	15	50	35	18	30	18	АЛ9
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	9	14	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	–	–	–	14	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–	
14		1	Розмір деталі	90	40	30	60	40	24	25	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	–	12	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі	90	40	30	60	40	25	22	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	12	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	46	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі	90	40	30	60	42	27	22	–	АЛ9
			Квалітет	14	14	14	14	12	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	50	18	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат	
15		1	Розмір деталі, мм	60	20	27	15	120	8	—	—	Сталь 45	
			Квалітет	14	14	10	14	14	14	14	—		
			Розмір заготовки, мм	—	—	35	27	—	—	—	—		
			Шорсткість (Ra, мкм)	—	—	6,3	6,3	—	—	—	—		
		2	Розмір деталі, мм	55	20	42	25	48	8	—	—	—	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	12	9	14	—		
			Розмір заготовки, мм	—	—	—	—	55	—	—	—		
			Шорсткість (Ra, мкм)	—	—	—	—	—	—	—	—		
		3	Розмір деталі, мм	55	20	32	25	48	12	—	—	—	АЛ 9
			Квалітет	14	14	10	14	12	9	14	—		
			Розмір заготовки, мм	—	—	37	—	—	—	—	—		
			Шорсткість (Ra, мкм)	—	—	6,3	—	—	—	—	—		
16		1	Розмір деталі	45	32	60	—	—	—	—	—	Сталь 45	
			Квалітет	14	14	7	14	14	14	14	—		
			Розмір заготовки	—	10	70	—	—	—	—	—		
			Шорсткість	—	—	1,6	—	—	—	—	—		
		2	Розмір деталі	44	45	55	—	—	—	—	—	—	СЧ 18
			Квалітет	14	14	12	14	14	14	14	—		
			Розмір заготовки	50	—	60	—	—	—	—	—		
			Шорсткість	—	—	6,3	—	—	—	—	—		
		3	Розмір деталі	42	18	60	—	—	—	—	—	—	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	—		
			Розмір заготовки	50	—	—	—	—	—	—	—		
			Шорсткість	—	—	—	—	—	—	—	—		

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
17		1	Розмір деталі, мм	20	15	27	20	24	–	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	10	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	35	27	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	6,3	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі, мм	15	15	24	20	24	–	–	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	12	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	30	30	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі, мм	15	15	24	21	24	–	–	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	10	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	30	27	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	6,3	–	–	–	–	
18		1	Розмір деталі	20	80	54	40	50	–	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	65	47	–	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	6,3	–	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі	25	75	27	40	50	–	–	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	12	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	35	–	55	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі	25	75	27	42	50	–	–	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	12	14	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	34	47	–	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
19		1	Розмір деталі, мм	30	75	32	30	50	34	–	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	40	–	–	50	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	6,3	–	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі, мм	30	75	35	28	50	35	–	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	10	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	40	40	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	6,3	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі, мм	30	75	35	30	50	33	–	–	АЛ9
			Квалітет	14	14	14	14	14	12	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	40	–	–	40	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	6,3	–	–	–	–	–	
20		1	Розмір деталі	90	40	30	60	45	24	25	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–	
			Розмір заготовки	95	–	–	–	–	10	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі	90	40	30	62	45	18	25	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	67	–	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі	95	40	30	58	45	18	25	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	65	–	6	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
21		1	Розмір деталі, мм	85	50	50	20	45	24	10	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	96	–	–	–	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі, мм	90	50	50	20	40	18	10	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	–	45	8	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі, мм	88	50	50	20	40	20	10	–	АЛ 9
			Квалітет	12	14	14	14	14	10	14	–	
			Розмір заготовки, мм	98	–	–	–	–	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–	
22		1	Розмір деталі	88	60	50	20	45	10	10	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	14	8	14	–	
			Розмір заготовки	–	65	–	–	–	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі	90	60	50	20	45	20	10	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	14	8	14	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	55	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі	85	60	50	20	42	10	10	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	14	14	8	12	–	
			Розмір заготовки	–	–	–	–	50	–	–	–	
			Шорсткість	–	–	–	–	–	–	–	–	

Продовження таблиці Г.1

№ еск.	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат	
23		1	Розмір деталі, мм	88	60	50	20	45	18	12	10	Сталь 45	
			Квалітет	14	14	14	14	14	8	14	14		
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	–	–	–	–	–		–
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	3,2	–	–		–
		2	Розмір деталі, мм	90	60	50	20	45	18	18	8	СЧ 18	
			Квалітет	12	14	14	14	14	14	14	14		
			Розмір заготовки, мм	95	–	–	–	–	–	8	–		
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–		–
		3	Розмір деталі, мм	92	60	55	22	58	18	20	5	АЛ 9	
			Квалітет	12	14	14	14	14	14	14	14		
			Розмір заготовки, мм	98	–	–	–	–	–	8	–		
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	–	–	–	–	–		–
24		1	Розмір деталі	90	60	50	20	50	10	10	–	Сталь 45	
			Квалітет	14	14	14	14	14	8	14	–		
			Розмір заготовки	–	–	–	–	–	–	–	–		–
			Шорсткість	–	–	–	6,3	–	–	–	–		–
		2	Розмір деталі	85	60	50	20	50	18	10	–	СЧ 18	
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–		
			Розмір заготовки	90	–	–	–	–	–	–	–		–
			Шорсткість	–	–	–	6,3	–	–	–	–		–
		3	Розмір деталі	80	60	50	20	50	15	10	–	АЛ 9	
			Квалітет	14	14	14	14	14	10	14	–		
			Розмір заготовки	95	–	–	–	–	–	–	–		–
			Шорсткість	–	–	–	–	–	6,3	–	–		–

Продовження таблиці Г.1

№ еск	Ескіз	№ вар.	Розміри та показники	А	Б	В	Г	Д	Е	Є	Ж	мат
25		1	Розмір деталі, мм	80	30	50	20	20	5	30	–	Сталь 45
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	8	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	25	–	–	20	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	6,3	–	–	–	–	
		2	Розмір деталі, мм	80	30	50	20	20	5	20	–	СЧ 18
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	12	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	–	26	–	–	12	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	–	6,3	–	–	–	–	
		3	Розмір деталі, мм	80	50	54	20	20	5	24	–	АЛ 9
			Квалітет	14	14	14	14	14	14	14	–	
			Розмір заготовки, мм	–	–	60	–	5	–	–	–	
			Шорсткість (Ra, мкм)	–	–	6,3	–	–	–	–	–	

Примітки:

*для усіх видів завдань точність розмірів заготовки визначаються за 16-им квалітетом.

*методи отримання заготовки для варіанта 1 – поковка, для варіантів 2, 3 – лиття.

Навчальне видання

**Буренніков Юрій Анатолійович
Лозінський Дмитро Олександрович,**

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ

Самостійна та індивідуальна робота студентів

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено Д. Лозінським

Підписано до друку
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад пр. Зам. № 2017-

Видавець та виготовлювач
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

