

Б. М. Пентюк

Різальні інструменти. Конструювання інструментального оснащення

Ключові слова: Різальний інструмент, стійкість інструмента, інструментальне оснащення, швидкозамінні інструментальні системи, автоматична заміна інструмента, пристрої налагодження інструмента, Засоби формоутворення задовільної стружки, оснащення автоматизованих верстатів, конструювання інструментальних блоків, точність позиціювання, податливість інструментальних блоків.

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Б. М. Пентюк

Різальні інструменти. Конструювання інструментального оснащення

Затверджено Ученою радою Вінницького державного технічного університету як навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей. Протокол № 11 від 25 червня 2003 р.

Вінниця ВНТУ 2003

Навчальне видання

Борис Миколайович Пентюк

РІЗАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ.

Конструювання інструментального оснащення

Навчальний посібник

Оригінал - макет підготовлено автором

Редактор В.О. Дружиніна

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
Серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7х421/4
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 ВІД 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Навчальне видання

Борис Миколайович Пентюк

РІЗАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ.

Конструювання інструментального оснащення

Навчальний посібник

Оригінал - макет підготовлено автором

Редактор В.О. Дружиніна

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
Серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе,95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7х421/4
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 ВІД 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе,95, ВНТУ

ЗМІСТ

Вступ	4
1 ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТА.....	6
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОСНАЩЕННЯ.....	11
2.1 Швидкозамінні інструментальні системи	12
2.2 Автоматична заміна інструмента	21
2.3 Пристрої налагодження інструмента на розмір	28
2.4 Засоби формоутворення задовільної стружки	39
3 ОСОБЛИВОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТІВ	41
4 КОНСТРУЮВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ БЛОКІВ.....	49
4.1 Точність позиціювання\.....	49
4.2 Податливість інструментальних блоків	54
4.3 Завдання для самостійної роботи	58
5 ЛІТЕРАТУРА.....	60

ВСТУП

Основне завдання автоматизації полягає в скороченні витрат суспільної праці на виготовлення продукції. Автоматизоване устаткування включає додаткові механізми і пристрої, що виконують функції оператора, у зв'язку з чим вартість його значно вища, що вимагає високої інтенсивності використання. Однак потенційні можливості машин з продуктивності можуть бути реалізовані лише за умови високої надійності механізмів. Невелика надійність устаткування призводить до зниження продуктивності і підвищення собівартості виробів, збільшення чисельності обслуговуючого персоналу.

Фактична продуктивність автоматизованого устаткування в загальному випадку залежить від циклового часу обробки і простоїв устаткування. Чим менші цикловий час і простої, тим вищі продуктивність устаткування і інтенсивність його експлуатації. Цикловий час обробки однієї деталі визначається технологічними процесами, закладеними в основу при проектуванні автоматизованого устаткування і тривалістю холостих ходів, необхідних для завантаження, розвантаження, затискання, розтискання, заміни інструментів, а також інших операцій, які не вдається цілком поєднати з обробкою виробу. Таким чином, змінити цикловий час в існуючому устаткуванні важко або взагалі неможливо. У цьому випадку підвищувати фактичну продуктивність доцільно шляхом скорочення простоїв.

Простої автоматизованого устаткування можуть бути п'яти видів:

- 1) внаслідок непрацездатності інструментального забезпечення;
- 2) внаслідок непрацездатності устаткування;
- 3) з організаційних причин;
- 4) внаслідок браку;
- 5) під час переналагодження на випуск нових деталей.

У даній роботі розглянуті питання скорочення простоїв автоматизованого устаткування, обумовлених непрацездатністю його інструментальної оснастки, до якої входить комплекс пристроїв:

- 1) різальний і допоміжний інструменти з виконавчими механізмами для регулювальних і відновлювальних рухів інструмента в міру його зношування;
- 2) інструментальні магазини і транспортні засоби, що забезпечують подачу необхідного інструмента в зону обробки відповідно до технологічного циклу;
- 3) пристосування для попереднього складання інструмента і налагоджування його на розмір поза верстатом відповідно до вимог технологічного циклу і забезпечення взаємозамінності інструмента;

4) вимірювальні пристрої і пристрої сигналізації, що інформують про стан різального інструмента і подають команди на виконання регулювальних і відновлювальних рухів;

5) пристрої для гарантованого формування стружки, яка не заважає циклу автоматичної обробки.

Простої автоматизованого устаткування внаслідок непрацездатності інструментального оснащення обумовлені зміною і налагодженням інструмента, формуванням стружки, організацією забезпечення устаткування інструментами і спостереженням за його станом. Звідси випливає, що основні шляхи скорочення таких простоїв — це підвищення стійкості інструмента, скорочення втрат часу, обумовлених зношуванням інструмента і незадовільним формуванням стружки, втрат часу на організаційно-технічні роботи. Повне усунення простоїв розглянутого виду може бути досягнуто тільки при створенні пристроїв, що забезпечують автоматизацію контролю розмірів інструмента, його заміни і підналагоджування.

1 ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТА

Підвищення стійкості інструмента дозволить зменшити частоту його змін і скоротити простої устаткування, обумовлені зміною і підналагодженням інструмента. Підвищення стійкості інструмента може бути досягнуто різними шляхами: зміною режимів різання, застосуванням більш зносостійких інструментальних матеріалів, зміною геометричних параметрів інструмента, його конструкції, методів загострення і т.п.

На стійкість інструмента значною мірою впливають **режими різання**, які багато в чому визначають продуктивність устаткування. При зниженні режимів різання, як правило, підвищується період стійкості інструмента. Однак робити це потрібно тільки для тих інструментів, що не лімітуються випуском деталей. Для інструментів, що лімітуються випуском деталей, цей шлях недоцільний.

Підвищення стійкості може бути досягнуте шляхом ретельного вибору марки **інструментального матеріалу**. Так, при обробці заготовок з більшою твердістю необхідно застосовувати швидкорізальні сталі з підвищеним вмістом вуглецю (10P6M5, 10P8M3 P9M4K8, P8M3K6C). Ці сталі після гартування мають більш високу твердість (НКС 67—70) і теплостійкість (630—640°C), у порівнянні зі сталями з нормальним вмістом вуглецю, наприклад P6M5.

Останнім часом широке застосування знаходять швидкорізальні сталі, отримані методом порошкової металургії. Їх виготовляють з порошків, одержуваних при розпиленні розплаву швидкорізальної сталі в струмені азоту. При цьому утворюються нітриди легуючих елементів, які підвищують твердість і зносостійкість сталі. В даний час сталі P6M5K5-МП, P6M5Ф3-МП, P12M3K8Ф3-МП випускають у вигляді прутків діаметром 60-150 мм. Як показали виробничі випробування, стійкість інструментів, виготовлених з цих сталей, у 1,2—2 рази вища стійкості інструментів, виготовлених зі швидкорізальних сталей аналогічних марок звичайного виробництва.

Інструменти, які виготовлені зі швидкорізальних сталей і переточуються тільки по передній поверхні (фасонні різці, фрези, мітчики і т.д.), доцільно ціанувати.

При оснащенні інструмента пластинами з твердого сплаву його розмірна стійкість багато в чому залежить від вибору марки сплаву. У ряді випадків при роботі з ударним навантаженням чи при швидкостях різання, більш низьких, ніж рекомендується для твердих сплавів, бажано застосовувати додаткову термічну обробку — загартування, що дозволяє фіксувати структурні зміни які відбуваються в процесі нагрівання. Для низькокобальтових сплавів рекомендується нагрівання в захисному середовищі до температури 1200°C з наступним охолодженням у нагрітому (до 40°C) мастилі. Така термічна обробка дозволяє підвищити міцність

сплаву на 15—20%, ударну в'язкість на 20—30%, зносостійкість інструментів підвищується в 1,2—2 рази.

Для підвищення зносостійкості твердосплавного інструмента наносять покриття товщиною 5—7 мкм із нітриду титану (TiN), яке особливо ефективно при роботі багатограневих непереточуваних пластин. Покриття поліпшує працездатність різального інструмента завдяки підвищенню твердості і зносостійкості робочих поверхонь, зниженню тертя і нагрівання інструмента при роботі. Покриття наносять як на тверді сплави, так і на швидкорізальні сталі.

Як показує досвід промисловості, застосування твердосплавних пластин з покриттям з нітриду титану ефективно при обробці різанням конструкційних і низьколегованих сталей і сірих чавунів, особливо при безперервному точінні (у меншій мірі при фрезеруванні). За важких умов різання, коли різальна кромка викришується і сколюється, різання матеріалів із твердими включеннями, ливарною кіркою й окалиною на поверхні, а також матеріалів, схильних до поверхневого зміцнення в процесі обробки, ефективність від нанесення зносостійких покриттів знижується. Добрі результати з підвищення зносостійкості, особливо при обробці заготовки з підвищеною твердістю, дає застосування силеніту. Це — безвольфрамований інструментальний матеріал на основі нітриду кремнію (SiN), що володіє високою твердістю (HRA 94—96) і міцністю на згин ($\sigma_{\text{згин}}=500\text{—}700$ МПа). Силеніт-Р дозволяє замінити вольфрамомісткі тверді сплави на операціях напівчистового і чистового точіння чорних і кольорових металів.

На операціях чистової обробки заготовок підвищеної твердості високою зносостійкістю відрізняються інструменти, оснащені надтвердими полікристалічними матеріалами на основі кубічного нітриду бора, до яких відносяться композити: 01 (ельбор-Р), 02 (белбор), 05, 10 (гексаніт-Р), межа їхньої міцності на згин $\sigma_{\text{згин}} = 600\text{—}700$ МПа. Однак для застосування таких інструментів необхідні високошвидкісні верстати підвищеної жорсткості, точності і вібростійкості.

З геометричних параметрів різальної частини інструмента найбільш сильно впливає задній кут α . Зі зменшенням α до 3—4° розмірна стійкість інструмента підвищується, а різальна стійкість, обумовлена зносом по задній поверхні, зменшується. Зі збільшенням α до 12—14° різальна стійкість інструмента підвищується. Оптимальною є така геометрія різальної частини, що забезпечить рівність різальної і розмірної стійкості.

Неякісне **загострення** інструмента часто буває причиною його низької стійкості і навіть поломок. Чим більша шорсткість загострених поверхонь інструмента, тим інтенсивніше його початкове зношування і менша розмірна стійкість. Дослідження показали, що економічно доцільне чорнове і чистове загострення інструментів зі швидкорізальних сталей виготовляти кругами з кубічного нітриду бору, а інструментів, оснащених твердим сплавом, — із синтетичних алмазів. При цьому стійкість

інструментів збільшується в 1,5—2 рази, зростає максимальне число перегострювань, підвищується надійність роботи інструмента, що важливо для автоматизованих верстатів.

Стійкість інструмента і стабільність його роботи можна підвищити шляхом **зміни його конструкції** з метою збільшення міцності і твердості, поліпшення відводу теплоти з зони різання, заміни напайки твердого сплаву механічним кріпленням.

Розповсюджений метод кріплення твердосплавних пластин напайкою внаслідок різного лінійного розширення твердого сплаву і сталі викликає внутрішні напруги у твердому сплаві, що сприяють утворенню мікротріщин. При конструюванні різальних інструментів варто ширше застосовувати багатогранні твердосплавні пластини, що неперегострюються, з механічним кріпленням. Досвід застосування такого інструмента показав, що стійкість його вища на 30% і більша стійкості напаяного інструмента. Витрати твердого сплаву зменшується в 2 рази, а витрати на виготовлення державок – в 6-7 разів.

Інструменти з напаяними твердосплавними пластинами доцільно використовувати тільки тоді, коли з тих чи інших причин неможливо застосувати механічне кріплення.

Існує багато конструкцій механічного кріплення багатогранних пластин. Розроблена НДІ інструмента система токарних різців з механічним кріпленням пластин передбачає три варіанти кріплення:

кріплення пластин без отвору прихватом за допомогою диференціального гвинта (рис.1.1,а);

кріплення пластин з отвором за допомогою штифта (рис.1.1,б);

кріплення пластин з отвором клином-прихватом з фіксацією пластини як по бічний, так і по передній поверхнях (рис.1.1, в).

Стійкість інструментів можна значно підвищити, використавши рухому різальну кромку, загальна довжина якої в багато разів більша довжини ділянки, що безпосередньо працює в даний момент. У цьому випадку в якості різального елемента за звичай використовують круглі твердосплавні пластини, що у процесі різання обертаються навколо своєї осі.

Наприклад, у самообертовому чашковому різці конструкції НДІ інструмента (рис.1.2,а) використана кругла чашкова пластина діаметром 14 або 18 мм з кутом фаски по передній поверхні 15° — 20° і по задній поверхні 10° — 15° . Різальна пластина 2 вільно сидить на осі 1 і спирається на втулку 3, вставлену в отвір державки 4. Вісь у поздовжньому напрямку без затягування пластини кріпиться гайкою 5 і контргайкою 6. Різець використовують на напівчистових і чистових операціях. Для самообертання пластини необхідно забезпечити нахил її осі відносно осі заготовки у вертикальній площині під кутом $\omega_1=13^{\circ}$ — 17° (рис.1.2,б) і в горизонтальній площині під кутом: $\omega=15^{\circ}$. При роботі різців (рис.1.3) для ротаційного різання тертя ковзання в зоні різання замінено тертям

кочення, що забезпечує надійне обертання різального елемента. Застосовуються дві схеми різання: пряма — вісь різця на кут ω повернена в напрямку подачі S (рис.1.3,а) і зворотна — вісь різця повернена назустріч подачі (рис.1.3,б). При різанні за зворотною схемою сила різання менша, але стружка сходиться в напрямку обробленої поверхні. Різці для ротаційного різання зношуються тільки по задній поверхні; місце зносу має вигляд суцільної стрічки. Конструкція різця залежить від умов роботи. При безперервному чистовому і напівчистовому точінні застосовують конструкції різців з підшипниками кочення (рис.1.3,в), а при нерівномірній обробці найбільш надійні конструкції різців з підшипниками ковзання (рис.1.3,г).

Стійкість інструментів з обертовими різальними елементами у десятки разів вища стійкості звичайних інструментів.

Однак вони можуть бути застосовані не на всіх операціях через форму різальної кромки. Використовують їх за можливості вільного виходу в кінці обробки. Стійкість таких інструментів вища стійкості звичайних; вони вимагають стабільних умов різання. Застосовувати їх найбільш доцільно в умовах автоматизованого виробництва, де потрібна висока розмірна стійкість інструмента.

Ефективність розглянутих шляхів підвищення стійкості інструмента залежить від конкретних умов обробки і конструкції устаткування. У ряді випадків для лімітуючих інструментів доцільно підвищити режим обробки при тій же стійкості, тоді продуктивність устаткування збільшиться в результаті зменшення часу циклу обробки. Однак в умовах автоматизованого виробництва основним є забезпечення надійності роботи інструмента, тобто гарантованої стійкості.

Стійкість інструмента є випадковою змінною величиною, обумовленою, з одного боку, якістю його виготовлення, а з іншого, умовами експлуатації. Аналіз закону розподілу стійкості інструментів показав, що при добрій їх якості можна використовувати нормальний закон розподілу.

Тоді рівняння щільності імовірності нормального розподілу стійкості інструмента буде мати вигляд

$$f(T) = \exp[-(T - T_{\text{ср}})^2 / (2 \cdot \sigma^2)] / (\sigma \cdot 2 \cdot \pi), \quad (1.1)$$

де T - стійкість в даний момент; $T_{\text{ср}}$ - середня стійкість даних інструментів; σ - середнє квадратичне відхилення стійкості. Середня стійкість даних інструментів

$$T_{\text{ср}} = \sum T_i n_i / N_i, \quad (1.2)$$

де T_i - середня стійкість в інтервалі; n_i - частота повторення, N - число випробуваних інструментів.

Число інтервалів повинно бути не менше шести. Функція нормального розподілу має вигляд

$$f(T)=\Phi(T-T_{cp})/\sigma. \quad (1.3)$$

Імовірність розподілу стійкості інструментів не менша середньої

$$(T_{cp}-T_r)/\sigma=0.5, \quad (1.4)$$

де T_r - гарантована стійкість.

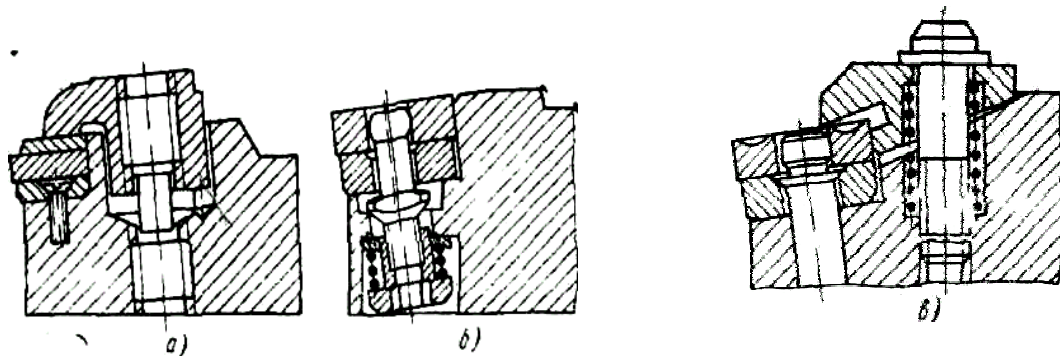


Рисунок 1.1 - Різці з механічним кріпленням непереточуваних твердосплавних пластин

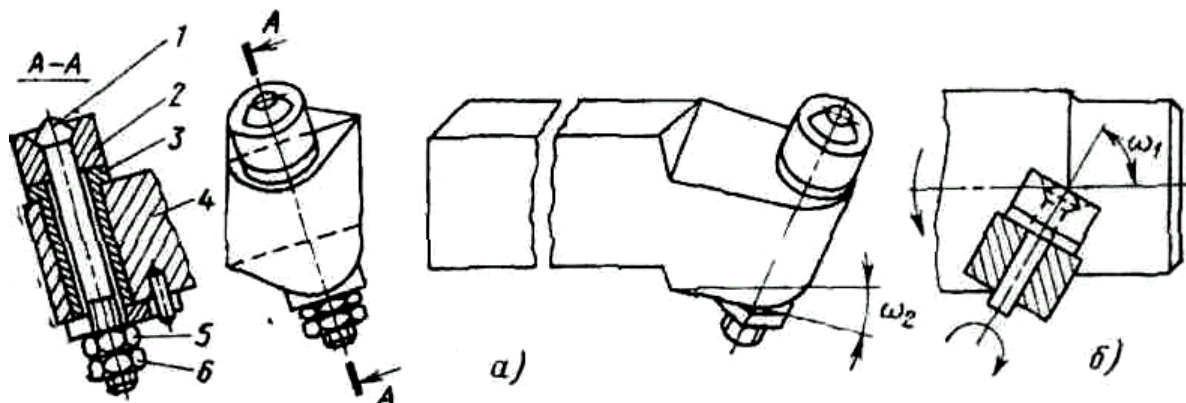


Рисунок 1.2 - Самообертовий чашковий різець:

а - конструкція, б - схема установки різального елемента при роботі

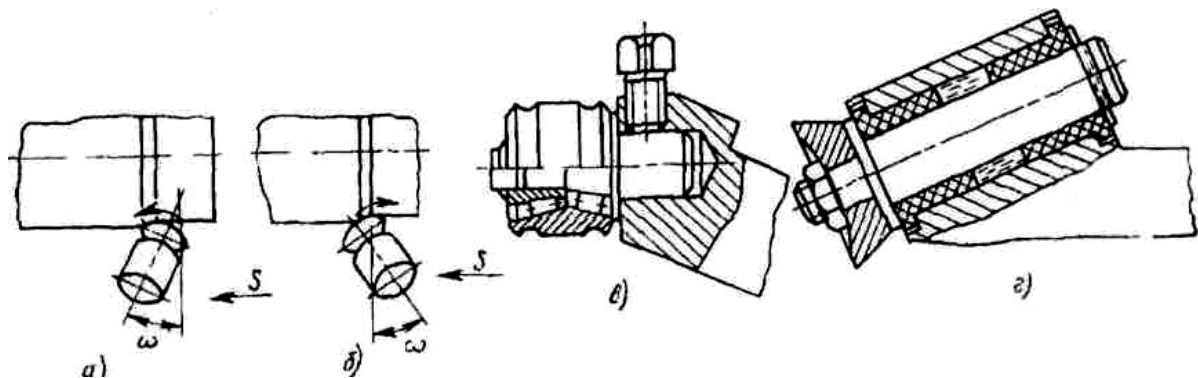


Рисунок 1.3 - Різці для ротаційного різання

Отже, для нормального закону розподілу імовірність досягнення середнього значення стійкості дорівнює 0,5. Задаючись визначеним значенням імовірності (наприклад, $P=0,9$), можна обчислити час безвідмовної роботи інструментів:

$$0,9=\Phi(T_{\text{ср}}-T_r)/\sigma \quad (1.5)$$

Відповідно до таблиці функції нормального розподілу [3] для $\Phi(x)=0.9$ значення $x=1.28$. Тоді

$$1.28=(T_{\text{ср}}-T_r)/\sigma \text{ або } T_r=T_{\text{ср}}-1.28\cdot\sigma \quad (1.6)$$

таким чином, знання закону розподілу стійкості різального інструмента дозволяє встановити таке її значення, не нижче якого з високою імовірністю ($P=0,9$) буде стійкість кожного інструмента. Ця стійкість називається гарантованою і по ній може бути призначений оптимальний період примусової заміни інструмента в автоматизованому виробництві [6].

2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОСНАЩЕННЯ

Втрати часу роботи автоматизованого устаткування, обумовлені зносом інструмента, у загальному випадку складаються з часу, необхідного безпосередньо для заміни зношеного інструмента, для настроювання його на розмір і піднастроювання в процесі роботи. Сумарне значення цих втрат

$$n_{\text{сум}}=Q t_m(t_3+t_n+t_{\text{пн}})/T_{\text{ср}}, \quad (2.1)$$

де Q - річна програма; t_m - машинний час роботи інструмента за один цикл; T_{cp} - середня стійкість інструмента до його заміни; t_3 - час на заміну інструмента, t_n - час на настроювання інструмента на розмір на верстаті;

$t_{пн}$ - час на підстроювання інструмента; n - число підстроювань інструмента за період стійкості.

При конструюванні інструментального оснащення необхідно прагнути звести ці втрати до мінімуму. Так, втрати часу на заміну можуть бути скорочені при використанні інструмента з швидкозамінним кріпленням, а також при автоматизації його заміни. Втрати часу на настроювання скорочуються в результаті попереднього настроювання інструмента поза верстатом і застосуванням на верстаті спеціальних настроювальних приладів, а втрати на підстроювання — за рахунок безпідстроювальної заміни інструмента і застосування вмонтованих підстроювальних пристроїв і пристроїв для автоматичного підстроювання.

2.1 ШВИДКОЗАМІННІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СИСТЕМИ

Створення швидкозамінних конструкцій найбільш перспективне для інструментів, що мають низьку стійкість і потребують більш частої заміни. Наприклад, зниження втрат часу роботи устаткування в 2 рази може бути досягнуте двократним підвищенням стійкості і зменшенням у 2 рази втрат часу на заміну інструмента. У багатьох випадках більш перспективним є другий шлях. Швидка заміна інструмента може бути досягнута різними шляхами: заміною тільки різальної багатогранної пластини чи її поворотом; спрощенням елементів кріплення; застосуванням комбінованих інструментів чи блоків; автоматизацією заміни інструмента і т.д.

Працездатність інструментів з механічним кріпленням багатогранних пластин можна відновлювати, не знімаючи з верстата, шляхом повороту пластини чи її заміни (після використання всіх граней).

Для цього необхідно забезпечити вільний доступ до зони розташування пластини і елементів її кріплення. У таких випадках використовують пластини підвищеної, високої й особливо високої точності для того, щоб зберегти настроювальний розмір після повороту пластини. Конструкція кріплення повинна передбачати базування пластини по зовнішніх гранях.

Наприклад, у торцевій фрезі (рис.2.1) п'ятигранна пластина 2 посаджена на штифт 3, який запресований у державку 4, встановлену в пазу корпусу 1. При затягуванні гвинта 6 державка підтягується до кільця 5, а пластина притискується периферійними гранями до поверхонь А та Б кільцевого жолоба корпусу. Конструкції таких фрез з використанням шести-, п'яти- і чотиригранних, а також ромбічних і круглих пластин розроблені НДІ інструмента. Стійкість подібних фрез у 1,5-2 рази вища

стійкості аналогічного напаяного інструмента, а час, необхідний для відновлення працездатності, у 2 рази менший.

При заміні всього інструмента, його швидкозміність необхідно забезпечити шляхом оптимізації елементів кріплення. Різці встановлюють у напівзакриті чи закриті пази, що забезпечує їхнє точне орієнтування щодо оброблюваної поверхні. Поверхні сторін державок шліфують до параметра $Ra=1,25$ мкм із забезпеченням їх взаємної перпендикулярності; відхилення висоти державки відповідають допускам $h11$, а ширини $h12$.

Державка не повинна коливатися на контрольній плиті, а щуп товщиною 0,03мм не повинен проходити під нею. Для запобігання зсуву інструмента при його закріпленні гвинтами і для притискання до базових поверхонь паза, кріплення виконують через проміжні деталі - планки, клини, сухарі і т.д.

Елементи кріплення різця варто розташовувати таким чином, щоб сили притискали його до базових поверхонь різцетримача (поверхні а і б, рис.2.2). Розглянута конструкція кріплення передбачає висування різця вздовж паза при ослабленому затягуванні клина.

Для забезпечення швидкозамінності різців успішно використовують кріплення з допомогою сил різання. Дотична P_z і радіальна P_y , складові сили різання, утворюють рівнодійну R (рис.2.3), напрямок дії якої залежить від їхнього співвідношення і визначається кутом $\theta_0 = \arctg(P_y/P_z)$. Різець знаходиться в рівновазі за наявності двох опор А та С, розташованих так,

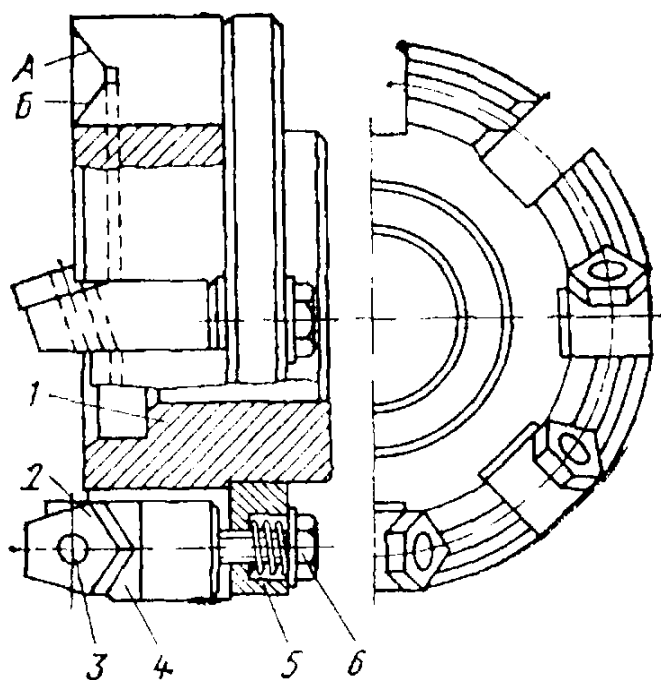


Рисунок 2.1 - Торцева фреза з механічним кріпленням п'ятигранних непереточуваних пластин із твердого сплаву

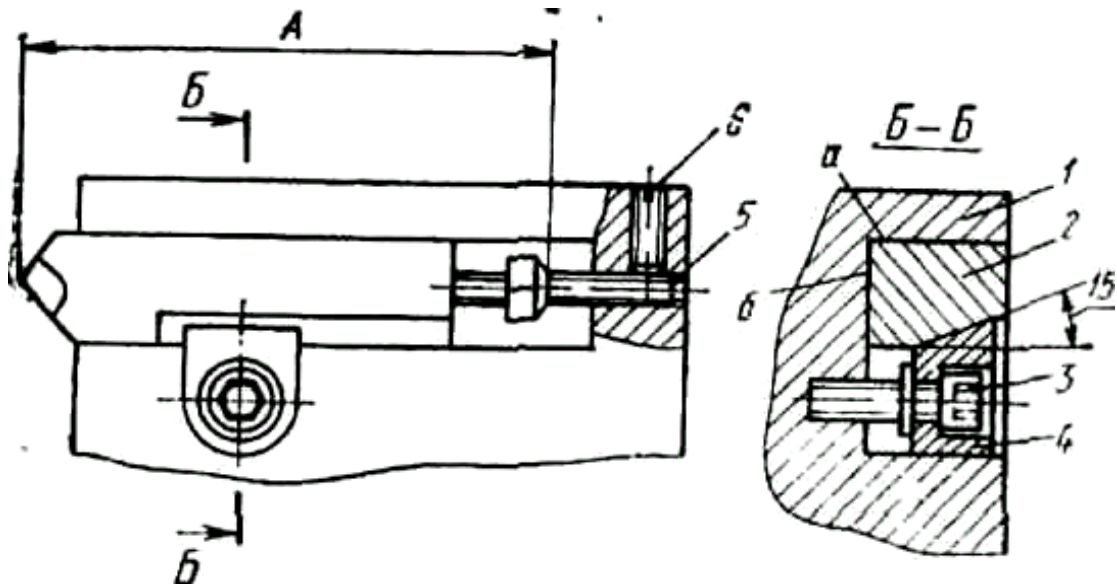


Рисунок 2.2 - Кріплення різця клиновим сухарем: 1 - різцетримач; 2 - різець; 3 - гвинт; 4 - клиновий сухар; 5 - упорний гвинт; 6 - стопорний гвинт

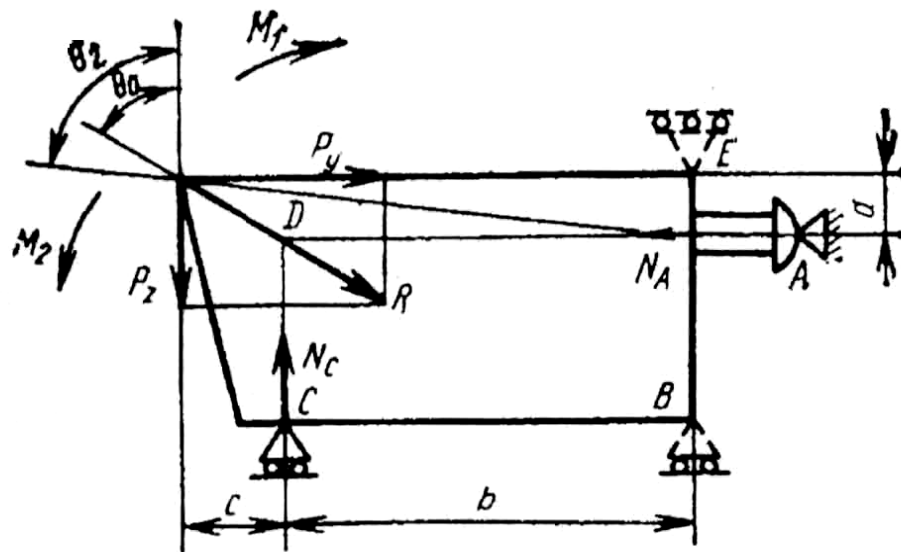


Рисунок 2.3 - Схема сил, що діють на різець у вертикальній площині

щоб точка D перетину реакцій N_A і N_C , лежала на лінії дії сили R . Це буде за умови

$$\frac{c}{a} = \tan \theta_0 = \frac{P_y}{P_z} \text{ або } P_z \cdot c = P_y \cdot a \quad (2.2)$$

Однак значення складових сили різання під час роботи непостійні і залежать від властивостей оброблюваного матеріалу, розмірів різальної частини інструмента, режиму різання і міри затуплення різальної кромки. Особливо помітно співвідношення змінюється при врізанні і виході інструмента. Таким чином, практично важко забезпечити стабільні умови рівноваги.

Якщо рівнодійна не проходить через точку D, різець буде повертатися під дією моменту і для його стабілізації вимагаються додаткові опори E та B. Якщо $\theta < \theta_0$ різець буде повертатися проти годинникової стрілки під дією моменту $M_2 = P_z(c - a \cdot \operatorname{tg} \theta)$. У цьому випадку необхідна опора E. Якщо $\theta > \theta_0$ різець буде повертатися за годинниковою стрілкою і для його стабілізації необхідна опора B. У рівновазі він знаходиться при умові $\theta_0 < \theta < \theta_2$, де

$$\theta_2 = \operatorname{arctg}(c + b)/a \quad (2.3)$$

Якщо $\theta > \theta_2$ різець піднімається під дією моменту

$$M_z = P_z(c + b - a \cdot \operatorname{tg} \theta) \quad (2.4)$$

Розглядаючи умови рівноваги, не враховували сили тертя в опорах, що перешкоджають повороту різця і підвищують надійність його кріплення. Однак ці сили знижуються внаслідок вібрацій під час роботи різця, що затрудняє облік сил тертя. При розрахунку умов рівноваги різця потрібно зменшувати відстані c та a . Максимально припустимі значення c та a в кожному конкретному випадку визначають за формулами (2.2) і (2.3) в залежності від кута θ і відстані b . Для розрахунків можна приймати

$$\operatorname{tg} \theta_{\min} = 0.35 \text{ та } \operatorname{tg} \theta_{\max} = 2.9. \quad (2.5)$$

Аналогічно виконують розрахунки і для горизонтальної площини, у якій діють складові сили різання P_y і P_x .

Часто різець 1 (рис. 2.4). встановлюють у мірний паз різцетримача 5, де він може рухатися тільки в межах посадкового зазору. Додаткове кріплення гачком 6 служить для запобігання переміщення різця за відсутності навантаження на різальній кромці і під час притискання його до заднього упора. Якщо паз під гачок зробити під нахилом (на рисунку показано штриховими лініями), то різець буде додатково притискатися і до бічної сторони паза різцетримача. Для звільнення різця досить натиснути на гачок, вивести різець з-під запобіжної планки 2 і вийняти його наверх. На заміну різця потрібно 15—20 с.

Кріплення різців силами різання дозволяє скоротити час на заміну інструмента, а також полегшити регульовальні рухи різця і його автоматичну заміну. У ряді випадків, коли близько розташовано кілька різців із приблизно рівною стійкістю, для скорочення часу їхньої заміни

різці закріплюють у змінному блоці, який встановлюють на супорті верстата.

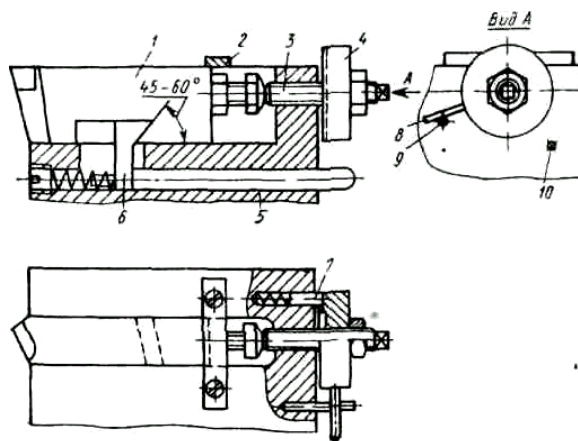


Рисунок 2.4 - Пристрій для ручного підстроювання різця. 1 - різець, 2 - запобіжна планка, 3 - мікрометричний гвинт, 4 - храпове колесо, 5 - різцетримач, 6 - гачок, 7 - засувка, 8 - ручка храпового колеса, 9 і 10 – штифти

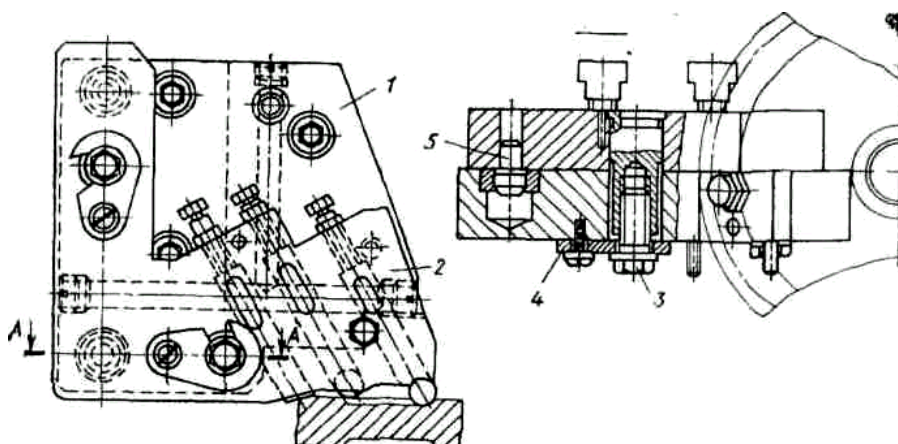


Рисунок 2.5 - Швидкозамінний блок із трьома різцями

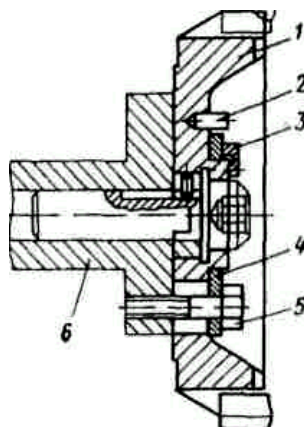


Рисунок 2.6 - Швидкозамінна торцева фреза

При заміні різців весь блок замінюють іншим з новими налагодженими різцями. У цьому випадку необхідно забезпечити швидкозамінність усього блока, а час заміни різця в блоці не грає ролі, тому що заміна відбувається поза верстатом.

Для обробки шестерень, на автоматичній лінії застосовують швидкозамінний блок із трьома різцями (рис.2.5). Змінний блок 2 встановлений на плиті 1 супорта верстата. Для заміни блока необхідно ослабити два болти 3 і відкинути гачкоподібні шайби 4, під час знімання блоку головки болтів вільно проходять крізь отвори в ньому. Для орієнтації блока на плиті супорта служать два штифти 5.

Кріплення гачкоподібною шайбою використовується і в конструкції швидкозамінної торцевої фрези діаметром 325 мм (рис.2.6). Фрезу 1 на шпинделі 6 кріплять за допомогою чотирьох болтів 5 і поворотної шайби 4. Для встановлення і зняття фрези А-А шайбу необхідно повернути проти годинникової стрілки так, щоб її гачкоподібні виступи вийшли з-під головок болтів. Шайба на корпусі фрези закріплена двома сухарями 3, а штифт 2 служить для обмеження її повороту.

Для кріплення осьових інструментів використовують конічні чи циліндричні хвостовики. Широке поширення одержали хвостовики з конусом Морзе. Вони можуть бути виконані в двох варіантах: з лапкою або з різьбовим отвором для затягування хвостовика в отворі шпинделя, коли під час роботи інструмента відсутня осьова сила. Перевагами конічних хвостовиків є висока точність, жорсткість, твердість і вібростійкість з'єднання, швидкість кріплення. До недоліків варто віднести необхідність прикладання осьової сили при звільненні інструмента і неможливість регулювання його положення в осьовому напрямку.

Циліндричні хвостовики мають такі переваги: можливість регулювання положення інструмента в осьовому напрямку, технологічність виготовлення і можливість точного виконання. У той же час вони мають менші жорсткість і точність центрування.

Для можливості регулювання інструментів з конічними хвостовиками в осьовому напрямку їх встановлюють у перехідних оправках, що мають циліндричний хвостовик і регулювальний вузол для налагодження осьового розміру. Конструкції таких оправок і швидкодійного патрона для них (рис.2.7) знайшли широке застосування на автоматичних лініях і агрегатних верстатах. Циліндричний хвостовик перехідної оправки 1 (рис.2.7, а) з інструментом вставляють в отвір корпусу 2 патрона до упора головки регулювального гвинта 10 з контргайкою 11 у пробку 5 і фіксують у цьому положенні кулькою 4. Для звільнення хвостовика оправки необхідно перемістити зовнішню обойму 3 патрона вправо для того, щоб внутрішня розточка була над кулькою. Гвинти 7 служать для кріплення хвостовика патрона в шпинделі 8 верстата, а гайка 6 призначена для регулювання його осьового положення. Обертний момент від шпинделя

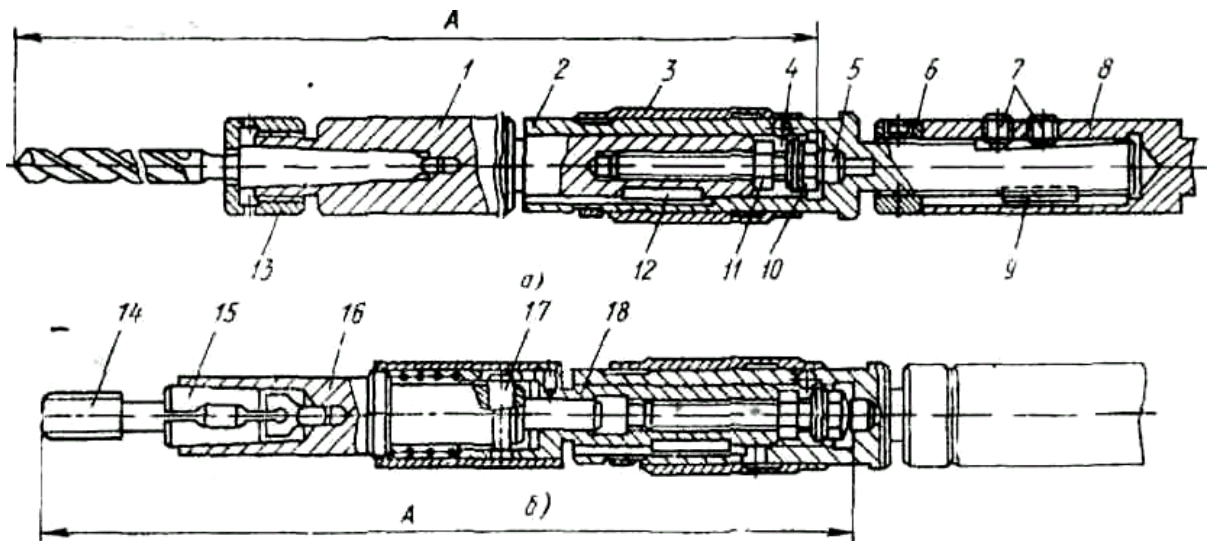


Рисунок 2.7 - Перехідні оправки для осьових інструментів та швидкодійний патрон для їх кріплення

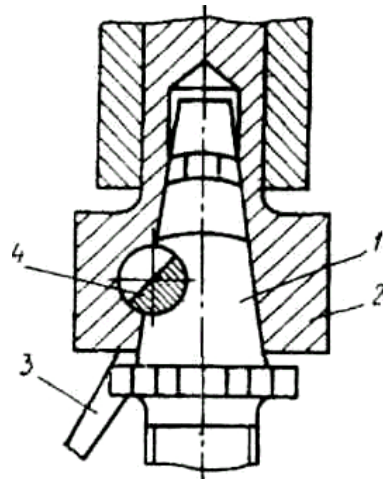


Рисунок 2.8 - Ексцентриковий патрон для кріплення оправок з конічним хвостовиком

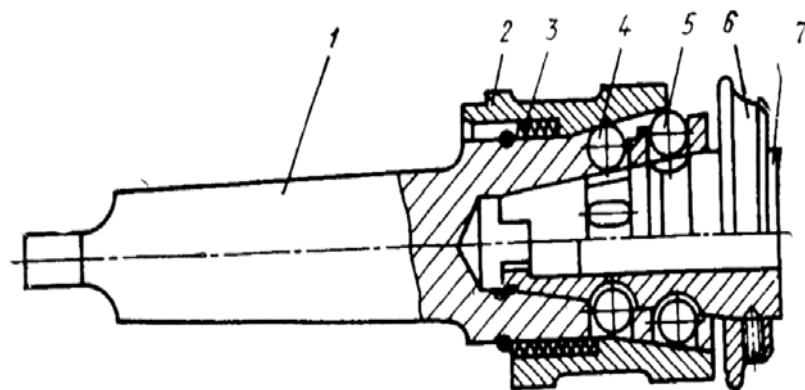


Рисунок 2.9- Швидкодійний патрон з кульковим затискачем

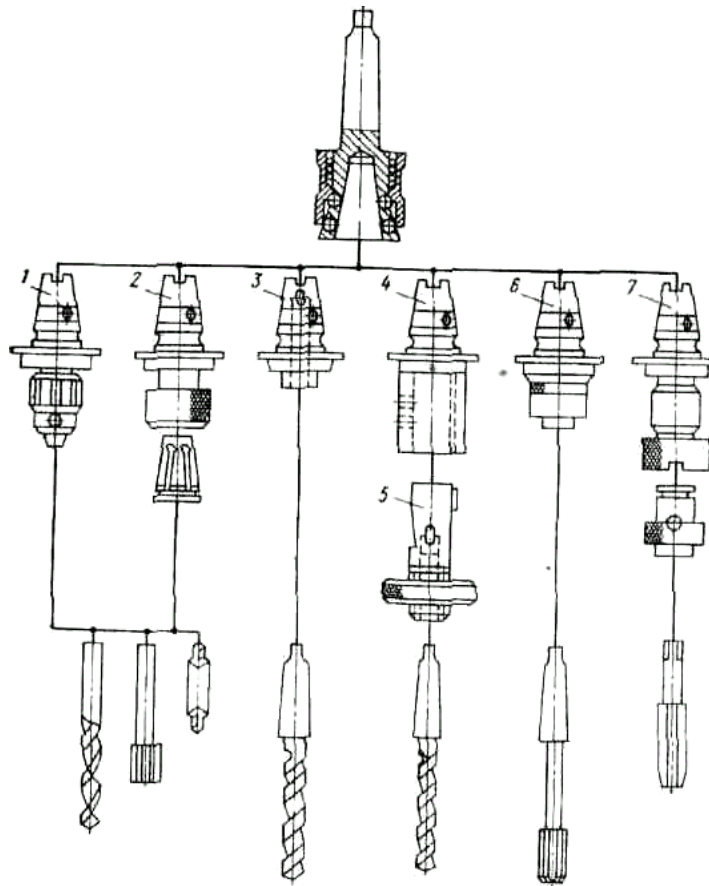


Рисунок. 2.10 - Система швидкозамінних оправок для свердлильних верстатів з ЧПК

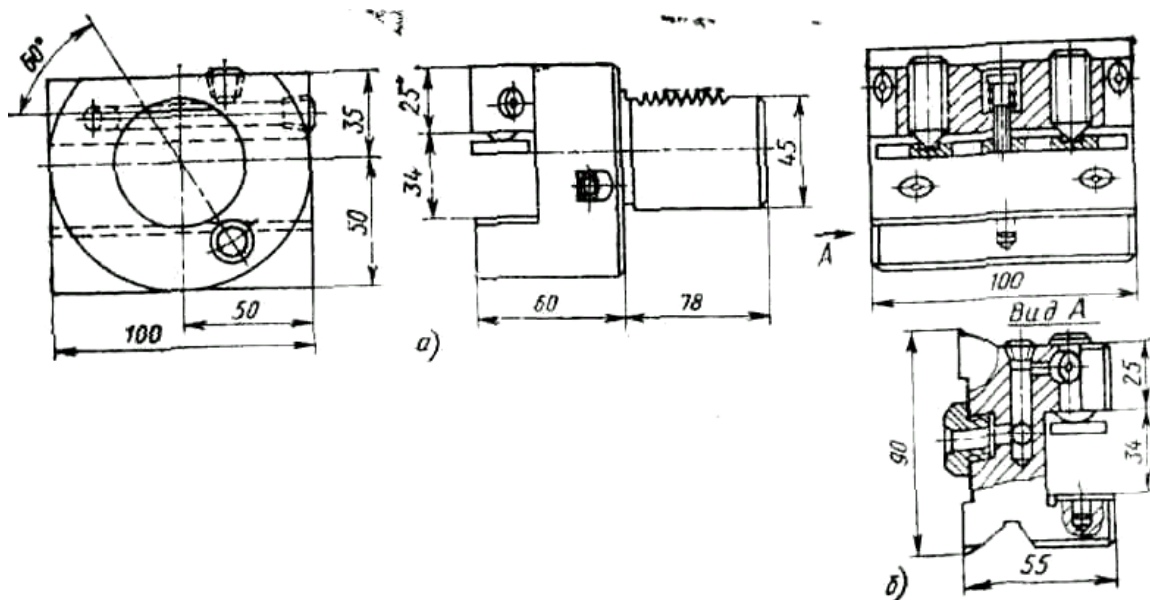


Рисунок 2.11 - Різцетримачі з відкритим пазом для токарних верстатів із ЧПК: а - з циліндричним хвостовиком; б - з базуючою призмою

до оправки передається через шпонки 9 та 12. Накидна гайка 13 служить для запобігання випадкового випадання інструмента при зворотному ході.

На рис.2.7,б наведено приклад кріплення мітчика. Циліндричний хвостовик мітчика 14 кріплять у конічному отворі оправки за допомогою конічної розрізної втулки 15. В середині оправки існує механізм для компенсації різниці осьових переміщень мітчика і шпинделя при роботі з примусовою подачею. Оправка складається з двох частин 16 і 18, що можуть рухатися одна відносно одної в осьовому напрямку, а обертовий момент і осьова сила передаються через штифт 17.

Швидкозамінне кріплення інструментів з конічним хвостовиком з конусом 7:24 показане на рис.2.8. Хвостовик 1 кріплять і звільняють за допомогою ексцентрика 4, що входить у циліндричний паз на хвостовику. При підйомі рукоятки 3 ексцентрик повертається так, що його лиска забезпечує вільне видалення хвостовика зі шпинделя 2. Для закріплення хвостовика необхідно опустити рукоятку, при цьому ексцентрик входить у паз, кріпить хвостовик і одночасно втирає його в конічний отвір.

На верстатах із ЧПК при ручній заміні інструмента без зупинки шпинделя використовують швидкодійний патрон з кульковим захопленням хвостовиків з конусом 7:24. У корпусі 1 (рис.2.9) такого патрона існують два ряди радіальних отворів в яких встановлено шість кульок 4 і дві кульки 5. На зовнішній поверхні корпусу патрона встановлена обойма 2 з конічною розточкою. У конічний отвір корпусу вставлено конічний хвостовик 7 інструмента, на поверхні якого існує кільцевий паз і шість лунок. При русі обойми 2 вправо вона своїми конічною і циліндричною поверхнями втирає кульки відповідно в паз і лунки хвостовика. Кульки 4 попадають у лунки і передають обертовий момент, а кульки 5 затискають хвостовик в осьовому напрямку. Для звільнення хвостовика обойму варто зрушити вліво. Захисне кільце 6 охороняє робітника від травм при заміні оправок.

Система оправок для свердлильних верстатів із ЧПК показана на рис.2.10. У залежності від типорозміру інструмент закріплюють у відповідній оправці. Оправки 1 та 2 застосовують для кріплення інструментів з циліндричним хвостовиком, а оправка 3 - з конічним хвостовиком Морзе без настроювання на розмір поздовж осі. Оправка 4 забезпечує можливість настроювання інструмента на розмір поздовж осі завдяки перехідній оправці 5. Для кріплення розверток передбачено плаваючий патрон 6, а мітчиків - патрон 7.

Конічні хвостовики забезпечують високу точність базування і жорсткість з'єднання інструментальної оправки зі шпинделем верстата. На токарних верстатах з ЧПК і револьверною головкою різальні інструменти кріплять безпосередньо в головці за допомогою різцетримачів з циліндричним хвостовиком (рис.2.11,а) або базуючої призми (рис.2.11,б). Широке поширення на автоматизованому устаткуванні отримали комбіновані інструменти; один комбінований інструмент поєднує в собі

кілька інструментів. Це особливо ефективно для стержневих інструментів, тому що дозволяє скоротити число інструментів і відповідно час їхньої заміни.

2.2 АВТОМАТИЧНА ЗАМІНА ІНСТРУМЕНТА

Значно скоротити простої автоматизованого устаткування і чисельність наладчиків можна при автоматичній заміні інструмента. В залежності від типу верстата при автоматичній заміні інструмента враховуються різні задачі: на одноцільових верстатах заміна інструмента новим, а на багатоцільових верстатах із ЧПК в залежності від послідовності виконуваних верстатом операцій — заміна різнотипних інструментів одного іншим.

Автоматична заміна зношених інструментів доцільна для інструментів, що мають малий період стійкості, працюють на лімітованих операціях розташованих у важкодоступних зонах, і т.п. Передбачається, що при автоматичній заміні інструмента замінний інструмент повинен бути взаємозамінний або мати уніфіковані кріпильні елементи, а заміна його виконується в періоди, коли він не виконує свої функції.

Система автоматичної заміни інструмента в загальному випадку складається з наступних елементів: інструментального магазину - нагромаджувача інструментів; автооператора, призначеного для знімання і встановлення інструментів на верстаті; механізму, що закріплює і звільняє інструменти; командного пристрою, що здійснює взаємодію цих механізмів. У кожному окремому випадку в залежності від виду змінюваних інструментів і типу верстата, ті або інші елементи можуть бути об'єднані чи відсутні.

Наприклад, фірма «Сандвік Коромант» (Швеція) пропонує конструкцію різця з автоматичною зміною різальних пластин. В середині державки є магазин на 10 твердосплавних пластин (у формі паралелограма з кутом при вершині 55°) і механізми заміни і кріплення пластин, що при

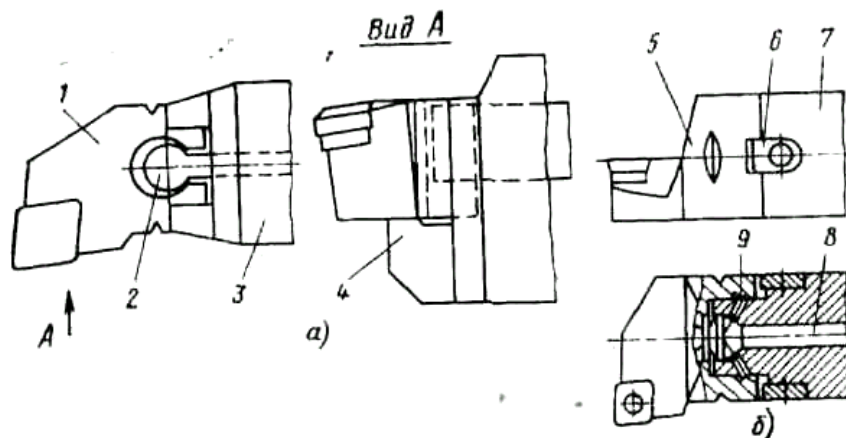


Рисунок 2.12 - Схеми змінних головок різців: а — фірми «Сандвік Коромант»; б — фірми «Крупп Відіа»

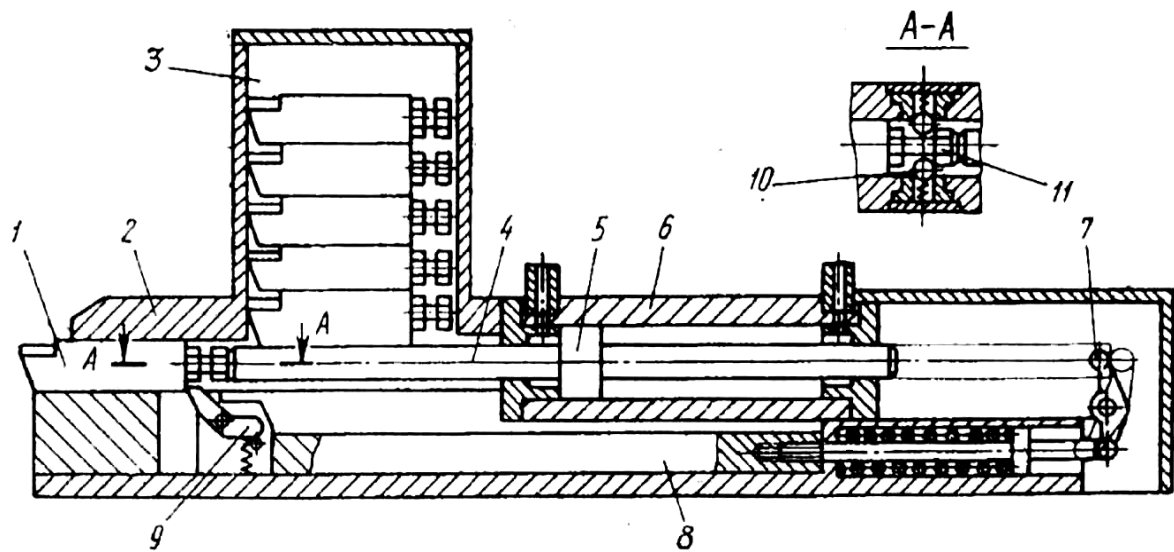


Рисунок 2.13 - Схема пристрою для автоматичної заміни прохідних різців

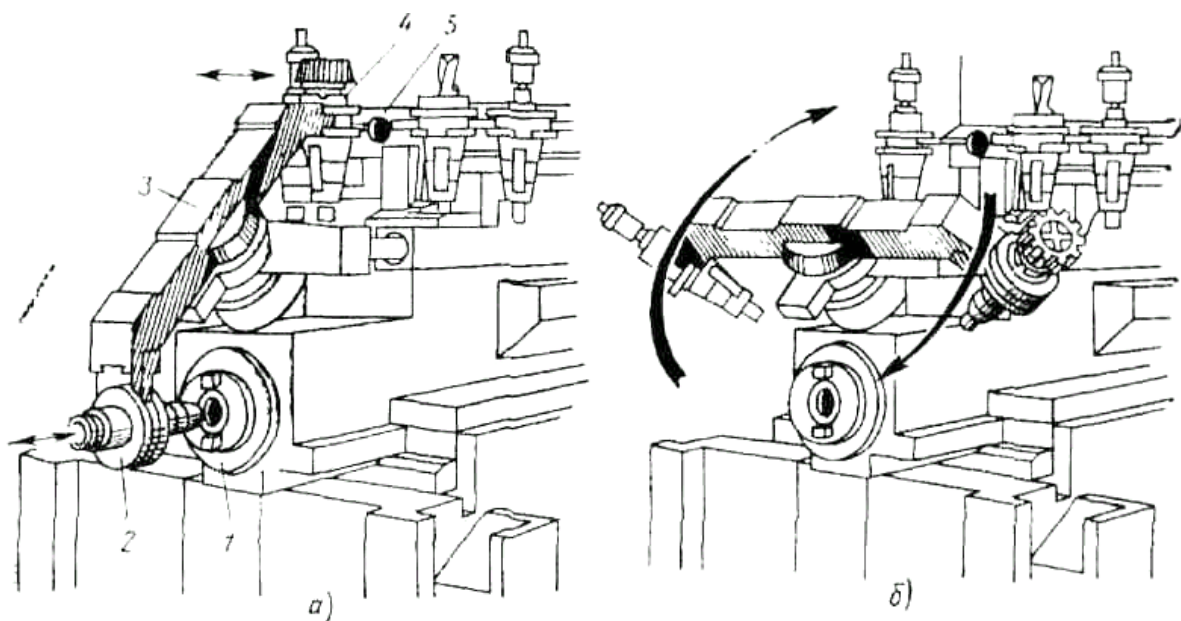


Рисунок 2.14 - Схема роботи двозахватного автооператора

заміні інструмента з'єднуються з гідравлічною апаратурою, керованою від електронної системи верстата. При затупленні пластини подаються імпульсні сигнали, що приводять у дію механізми кріплення пластини і її заміну. Механізми звільняють зношену пластину, виштовхують її, а на її місце висувають з магазину нову пластину і кріплять у робочому положенні. Заміна займає кілька секунд. Такі різці знаходять застосування не тільки при проектуванні нового обладнання, але і для оснащення вже

експлуатованого, на якому раніше не була передбачена автоматична заміна інструмента. До недоліків конструкцій варто віднести невелику жорсткість інструмента і малу номенклатуру форм пластин, що обмежує можливі геометричні параметри інструмента.

Ряд фірм («Сандвік Коромант», «Крупп Відіа» (ФРН) та ін.) пропонують автоматичну заміну всієї головки різального інструмента (рис.2.12). У цьому випадку конструкція з'єднання головки з державкою повинна забезпечувати точність базування головки, жорсткість з'єднання і можливість орієнтування головки в різних напрямках.

Змінна головка 1 (рис. 2.12,а) фірми «Сандвік Коромант» вставлена в прямокутний паз державки 3 і закріплена тягою 2. Зусилля затискування, створюване пакетом тарілчатих пружин, розсовує приєднувальні поверхні головки, утворюючи жорстке безщільне з'єднання. Точність вершини різальної пластини, по довжині в межах ± 2 мкм, забезпечується двома базовими вертикальними опорними стінками паза; положення вершини по висоті в межах ± 5 мкм забезпечується змінним упором 4. Конструкція дозволяє закріплювати праві і ліві головки для зовнішньої і внутрішньої обробки.

У корпусі 5 (рис. 2.12,б) змінної головки фірми «Крупп Відіа» є отвір, у який входить циліндрична цапфа оправки 7. Головка кріпиться тягою 8 і чотирма штифтами 9. При русі тяги вправо штифти висувуються з цапфи і впираються в поверхню кільцевої проточки корпусу головки, підтискаючи його до торцевої поверхні оправки. Крутний момент від оправки до головки передається двома торцевими шпонками 6, що входять у пази на торці корпусу головки. Точність позиціювання головки в осьовому напрямку ± 3 мкм, у радіальному ± 6 мкм.

Для здійснення автоматичної заміни головок на верстатах із ЧПК у конструкції корпусів головок повинні бути передбачені розміщення елементів кодування, поверхні для захоплення головок маніпулятором і елементи орієнтації різальної кромки.

Частіше при заміні інструмента його заміняють повністю, що спрощує його конструкцію, підвищує жорсткість системи ВПД і дозволяє налагоджувати інструмент на розмір поза верстатом. Так, у пристрої (рис.2.13) різець 1 встановлено у гнізді різцетримача 2, що обмежує його рухи в поперечних напрямках. З задньої сторони головка регульовального гвинта 11 упирається в торець штока, що бере на себе осьову силу різання. Таким чином, не потрібно забезпечувати додаткове кріплення різця, відпадає необхідність у його автоматичному закріпленні і звільненні.

Затуплений різець замінюється в момент, коли в робочій зоні відсутня оброблювана заготовка. Коли надходить сигнал на заміну різця, у ліву порожнину циліндра 6 подається рідина під тиском і поршень 5 зі штоком 4 рухається вправо. Наприкінці ходу правий кінець штока вдаряє по важелю 7, що зміщує повзун 8 вліво. Упор 9, що знаходиться на повзуні, проштовхує зношений різець вліво, а головка гвинта 11,

розтискаючи кульки 10, вискакує з засувки і звільняє різець. У цей час з магазину 3 на місце, звільнене лівою частиною штока, опускається новий різець. При подачі рідини в праву порожнину циліндра поршень рухається вліво, шток подає новий різець у робочу позицію виштовхуючи різець, що затупився, у збірник зношених інструментів. Підпружинені кульки 10 засувки притискають головку регульовального гвинта до торця штока, положення якого забезпечує налагоджувальний розмір.

Простотою і компактністю відрізняються механізми автоматичної заміни інструментів з використанням револьверних головок. У цьому випадку не потрібний автооператор, і сама револьверна головка виконує функції інструментотримача, магазину і транспортного пристрою. В залежності від типу верстата револьверна головка встановлюється на супорті замість різцетримача (верстати токарної групи) або на шпиндельній бабці (верстати свердлильно-розточувальної групи). Револьверну головку з однаковими різцями, що вводяться послідовно в роботу по мірі їхнього зношування, можна розглядати як збірний інструмент. Після використання всіх різців головка може бути знята з верстата і замінена іншою із уже встановленими і налагодженими різцями. Число різців у головці і їх стійкість вибирають так, щоб заміна головки відбувалася в неробочий час.

Під час автоматичної заміни інструмента на багатоцільовому верстаті з використанням револьверної головки типу «корона» головка розташована на шпиндельній бабці і несе набір оправок з інструментами (12—16 шт.). Шпиндель верстата, опускаючись в робоче положення, проходить через нижній отвір револьверної головки, захоплює оправку з інструментом і, опускаючись далі, здійснює робочий цикл. При підніманні шпинделя вгору оправка з інструментом залишається в револьверній головці, а шпиндель виходить з отвору, дозволяючи головці повернутися. Заміна інструмента триває 4 - 5 с.

До недоліків револьверних головок варто віднести обмеженість числа інструментів, меншу твердість системи ВПД, розташування інструментів у робочій зоні, що не завжди припустимо й ускладнює обслуговування інструментів. На більшості багатоцільових верстатів (близько 57%) одержали поширення автоматичні системи заміни інструментів за допомогою автооператорів. При цьому інструменти, встановлені в оправку, розташовуються в магазинах великої місткості (20 шт. і більш). Незалежно від конструкції інструментів оправки повинні мати однакові приєднувальні елементи, що відповідають даному верстату. При заміні автооператор захоплює інструмент, витягає з магазину, переміщає до шпинделя і вставляє в нього, а також повертає інструмент зі шпинделя в магазин. За числом захоплень автооператори можна розділити на одно-, двох- і багатозахватні. Найбільш широко поширені двозахватні автооператори з обертальним рухом, виконані у вигляді двоплечевого важеля з радіальним затиском оправки. Канавки під захвати автооператора

бувають П- і У-подібні; останні дозволяють зменшити розмір хвостовика оправки і в результаті наявності скосів створені кращі умови для захоплення.

Двозахватний автооператор (рис.2.14) обертається навколо похилої осі, що дозволяє кантувати оправку з інструментом. При заміні інструмента автооператор 3 повертається з вихідного положення проти годинникової стрілки на 90° і його захвати входять у кільцеві канавки оправки 2 і 4 інструментів, які встановлені відповідно в шпинделі 1 і в магазині 5. Після того як механізм шпинделя, що затискає, звільнить оправки 2, автооператор, висувається в осьовому напрямку (рис.2.14,а), виводить оправку 2 зі шпинделя, а оправку 4 із гнізда магазину. Далі йде поворот автооператора на 180° за годинниковою стрілкою (рис.2.14,б). Наприкінці повороту оправка 2 з інструментом, що відпрацював, встановлюється співосно з гніздом магазину, а оправка 4 з новим інструментом - співосно з гніздом шпинделя. У цьому положенні відбувається зворотний рух автооператора в осьовому напрямку і оправки встановлюються відповідно в шпиндель і гніздо магазину. Після закріплення оправок автооператор повертається на 90° у вихідне положення. На заміну інструмента затрачається 4—6 с.

У загальному випадку час заміни інструмента за допомогою автооператора в залежності від системи керування ЕОМ складається з часу відпрацювання декількох кадрів:

$$t_{3,i} = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.5)$$

де t_1 - час відпрацювання кадру «повернутися на 90° , підійти до заданого гнізда магазину інструментів і взяти з нього інструмент; t_2 - час відпрацювання кадру «відійти від магазину, повернутися на 180° , поставити інструмент у шпиндель верстата»; t_3 - час відпрацювання кадру «звільнити інструмент, відійти і повернутися на 90° у вихідне положення».

Час відпрацювання кожного кадру:

$$t_1 = t_k + t_{\pi} + t_x + t_c; \quad (2.6)$$

$$t_2 = t_k + t_x + 2t_{\pi}; \quad (2.7)$$

$$t_3 = t_k + t_c + t_x, \quad (2.8)$$

де t_k - час розрахунку і передачі кадру з ЕОМ у пристрій керування автооператором, $t_k = 1,5 - 10$ с; t_{π} - час повороту автооператора на 90° , $t_{\pi} = 1,2-3$ с; t_x - час на підхід до заданого гнізда чи магазину шпинделя, визначається розподілом сумарного шляху автооператора на швидкість його рухів, рівну 30 - 60 м/хв; t_c - час роботи автоматики автооператора по виконанню операції «взяти інструмент» або «поставити інструмент», $t_c = 0,715$ с.

Тоді

$$t_{3,i} = 3t_k + 3t_x + 4t_n + 2t_c. \quad (2.9)$$

Сумарний час простою верстата при заміні інструмента автооператором за зміну $T_{3,i} = t_{3,i}K$, де K — число замін інструмента протягом зміни.

У залежності від типу магазина і його розташування щодо шпинделя застосовують і більш складні системи автоматичної заміни інструмента, але це мало відображається на конструкції інструментальних оправок. Оправки з інструментами можуть бути розташовані в магазині відповідно до технологічного процесу за умови, що їх не використовують повторно в одному циклі обробки. Це спрощує пошук потрібного інструмента, але ускладнює переналагодження верстата. Більші переваги має довільне розташування інструментів у гніздах магазина, але тоді необхідна система їх автоматичного пошуку. Для здійснення такого пошуку застосовують різні системи кодування інструмента або гнізда магазина з визначеним інструментом.

Найбільш універсальна система кодування інструментальних оправок з використанням кодових кілець чи кодових гребінок. Кодові гребінки 1 (рис.2.15,а) встановлюють у спеціальні пази на конічній частині оправки 2 і закріплюють гвинтами 3. За допомогою гребінок набирають кодовий номер інструментального пристрою, призначеного для виконання визначеного технологічного переходу. У гнізді 4 верстата (рис.2.15,б) розміщені пристрої 5, що зчитують код із двох кодових гребінок 1, розташованих на оправці 2. Пошук інструмента здійснюється в період роботи верстата. Така система дозволяє розташовувати інструмент у будь-якому гнізді магазина, скорочує можливість помилок при його завантаженні, спрощує обслуговування.

При автоматичній заміні інструментів необхідно приділяти увагу захисту від забруднення й очищенню базових з'єднувальних поверхонь інструмента і верстата, щоб виключити вплив на точність установки інструмента. Для цього в деяких конструкціях багатоцільових верстатів, наприклад, фірми «Ерлікон» (Швейцарія) передбачено автоматичне очищення хвостовиків оправок і гнізд шпинделя. Інструментальна оправка при переносі її автооператором з магазина до шпинделя підводиться до щіток, що очищають її хвостовик. При установці оправки в шпиндель верстата до нього подається стиснене повітря, яке остаточно здуває з поверхні гнізда шпинделя і хвостовика оправки частки бруду і стружки. Подача повітря і відключення його виконуються автоматично.

Таким чином, автоматична заміна інструмента дає найбільший ефект, якщо інструмент попередньо налагоджений на розмір; зміна його відбувається під час холостих ходів верстата, а магазин інструментів заповнюється без зупинки верстата. У цьому випадку втрати робочого часу на заміну інструмента зводяться до нуля.

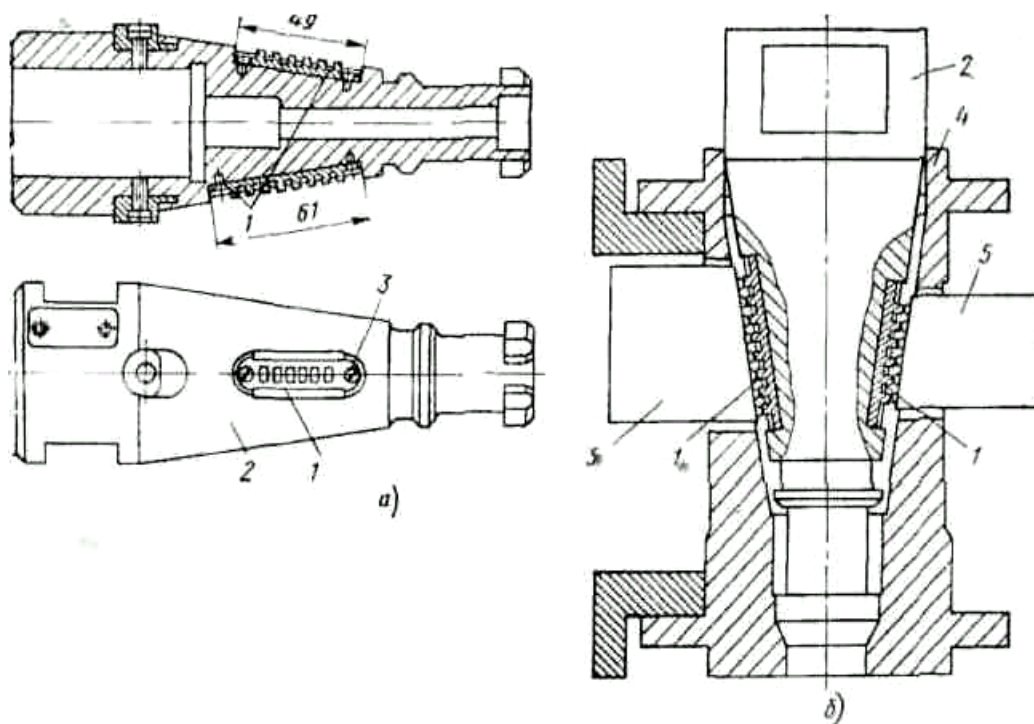


Рисунок 2.15 - Інструментальні оправки з кодovими гребінками

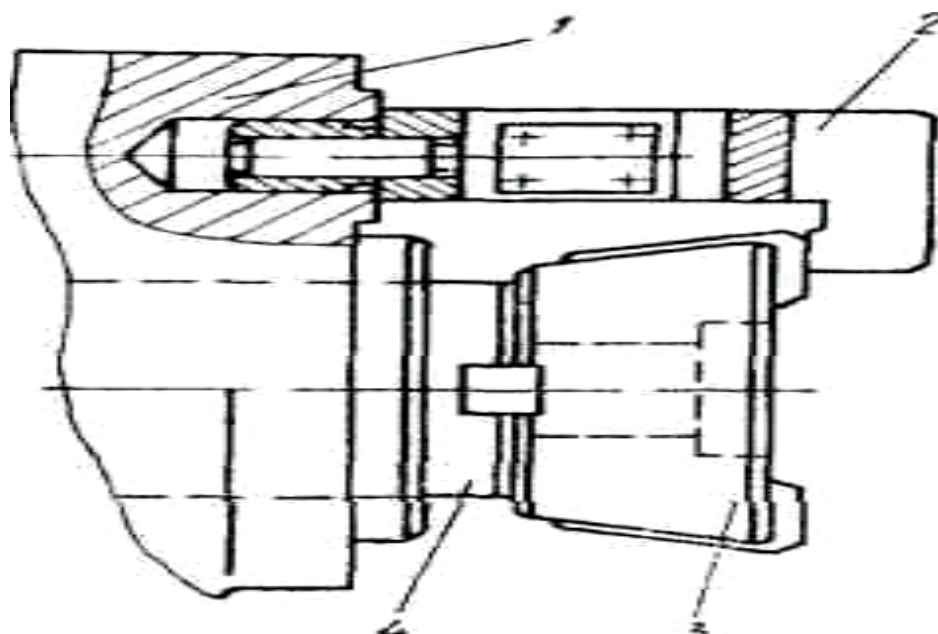


Рисунок 2.16 - Налагодження торцевої фрези на розмір по шаблону

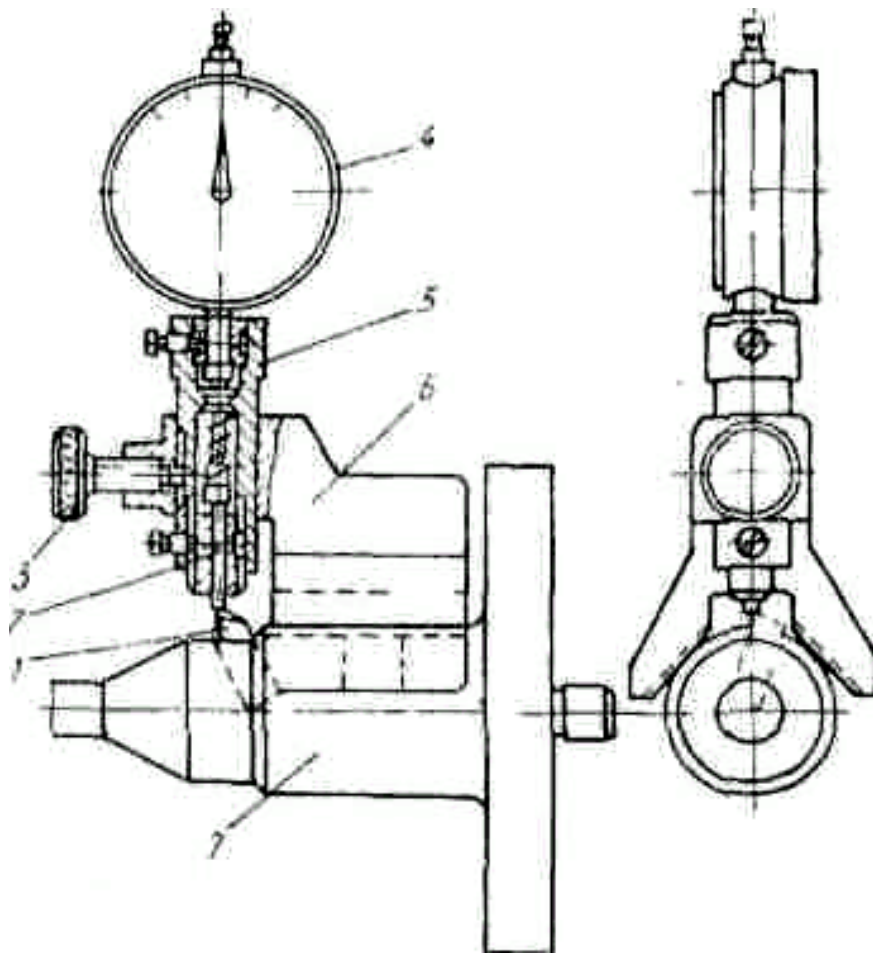


Рисунок 2.17 - Пристрій для налагодження розточувального різця на верстаті

2.3 ПРИСТРОЇ НАЛАГОДЖУВАННЯ ІНСТРУМЕНТА НА РОЗМІР

Скорочення простоїв устаткування, пов'язаних з налагодженням інструмента на заданий розмір, є одним з резервів підвищення продуктивності. Однак при механічній обробці необхідно не тільки встановити різальну кромку на заданий розмір, але і підтримувати її положення в межах встановленого поля допуску. Положення різальної кромки в процесі роботи непостійне через її зношування, теплові і силові деформації. Отже, налагодження інструмента на розмір повинні виконуватися з урахуванням допуску на розмір, поля розсіювання розмірів при обробці і розмірному зносі інструмента.

При розрахунку налагоджуваного розміру центр групування розмірів необхідно помістити в таку точку поля допуску на обробку, при розташуванні вершини інструмента в якій можна отримати максимальний запас на його наступний розмірний знос; при цьому розмірна стійкість буде найбільшою. При обробці отворів, навпаки, за початок відліку приймають верхнє граничне значення діаметра.

Інструмент на розмір можуть налагоджувати як на верстаті, так і поза ним. У першому випадку налагоджувальний розмір може бути підрахований за формулами НДІТавтопрома [2]:

для валів

$$D_{H.B} = D_{B\min} + \sqrt{(K\sigma)^2 + \Delta_p^2 + \Delta_H^2} - \sqrt{(K_H\sigma)^2 + \Delta_H^2}; \quad (2.10)$$

для отворів

$$D_{H.O} = D_{O\max} - \sqrt{(K\sigma)^2 + \Delta_p^2 + \Delta_H^2} + \sqrt{(K_H\sigma)^2 + \Delta_H^2}; \quad (2.11)$$

для однобічного розміру з допуском «у плюс»

$$L_H = L_{\min} + \frac{\sqrt{(K\sigma)^2 + \Delta_p^2 + \Delta_H^2}}{2} - \frac{\sqrt{(K_H\sigma)^2 + \Delta_H^2}}{2}, \quad (2.12)$$

де K - коефіцієнт, що визначає розмір частини поля розсіювання розмірів, $K = 6$ чи $K = 4$; σ - середнє квадратичне відхилення обумовлене неточністю верстата, нерівномірністю припуску т.ін., Δ_p - похибка ручного встановлення за шаблоном, $\Delta_p = 0,02 - 0,05$ мм, Δ_H - похибка, внесена налагодником під налагодження інструмента чи верстата при первинному налагодженні верстата, K_H - коефіцієнт, що відповідає налагодженню на розмір по п'ятьох деталях, $K_H = 2, 33$.

В другому випадку налагоджуваний розмір:

для валів

$$D_{H.B} = D_{B\min} + \sqrt{(K\sigma)^2 + \Delta_i^2 + \Delta_y^2 + \Delta_H^2} - \sqrt{(K_H\sigma)^2 + \Delta_H^2}; \quad (2.13)$$

для отворів

$$D_{H.O} = D_{O\max} - \sqrt{(K\sigma)^2 + \Delta_i^2 + \Delta_y^2 + \Delta_H^2} + \sqrt{(K_H\sigma)^2 + \Delta_H^2}; \quad (2.14)$$

для однобічного розміру з допуском «у плюс»

$$L_H = L_{\min} + \frac{\sqrt{(K\sigma)^2 + \Delta_i^2 + \Delta_y^2 + \Delta_H^2}}{2} - \frac{\sqrt{(K_H\sigma)^2 + \Delta_H^2}}{2}; \quad (2.15)$$

де Δ_i - допуск на неточність налагодження інструмента верстатом. Δ_i - похибка обумовлена неточністю установки і закріплення інструмента на верстаті при кожній його заміні.

За даними НДІТавтопрома значення Δ_i , Δ_H і Δ_y при звичайній точності налагодження можуть бути прийняті рівними 0,02 мм, а при підвищеній точності налагодження 0,01 мм.

Для розрахунку оптимального налагоджуваного розміру необхідно знати розсіювання розмірів деталей, що залежить від конкретних умов (верстата, оснащення, оброблюваної деталі та ін.) і визначається шляхом математичної обробки результатів експерименту. При розробці нових технологічних процесів у якості очікуваного поля розсіювання розмірів можуть бути прийняті дані, отримані на відомих технологічних операціях, виконуваних в аналогічних умовах, з наступним уточненням цих даних за результатами практичного випробовування.

В умовах автоматизованого виробництва, коли використовуються багатоцільові верстати й автоматичні лінії, суттєво скоротити простої устаткування можна шляхом застосування інструментів, попередньо налагоджених на розмір поза верстатом. Тоді час простою верстата буде визначатися лише часом, необхідним для заміни інструмента. Однак, як показує практика, налагодження інструмента поза верстатом доцільне при допусках на діаметр не менш 0,07 мм, при менших допусках приходится налагоджувати інструмент на верстаті, що пов'язано зі збільшенням часу простоїв. Для скорочення простоїв у цьому випадку необхідно застосовувати пристосування, що полегшують і прискорюють налагодження інструмента.

До найбільш простих засобів налагодження інструмента на верстаті відносяться шаблони й еталони, що через порівняно невисоку точність застосовують в основному на чорнових операціях.

Наприклад, при налагодженні торцевої фрези 3 (рис.2.16) шаблон 2 встановлений у спеціальному гнізді корпусу 1 шпиндельної бабки. Регулювання здійснюється переміщенням шпинделя 4 уздовж осі. Похибка налагодження фрези в даному випадку:

$$H_H = 1,2\sqrt{\Delta_e^2 + \Delta_p^2 + \Delta_T^2};$$

де Δ_e - похибка виготовлення і базування шаблону, $\Delta_p = 20 - 50$ мкм:

Δ_T - торцеве биття різальних кромek фрез.

Більш точне налагодження інструмента на верстаті дозволяє

здійснювати пристрої з використанням індикаторів. Особливо широке застосування вони знайшли при налагодженні розточувального інструмента безпосередньо на верстаті.

На рис.2.17 приведена конструкція одного з таких пристроїв, що отримали назву «наїздних». Корпус 6 пристрою виконаний у вигляді призми, яку розміщують на циліндричній поверхні розточувальної оправки 7. У корпусі гвинтом 3 закріплена державка 5, в яку вставлений індикатор 4. Вимірювальний стержень 2 останнього упирається в різець, що налагоджується 1. Пристрій попередньо налагоджують на спеціальному егалоні, що імітує державку з різцем, установленим на визначений розмір. Таким пристроєм більш зручно користуватися, якщо призма магнітна чи виконана у вигляді струбцини, що дозволяє фіксувати пристрій на оправці. Однак у подібних пристроїв при базуванні призми на оправці і закріпленні інструмента виникають похибки. Магнітні призми треба перед кожною установкою на оправку ретельно очищати від притягнутого металевого пилю і стружки. Точність налагодження знаходиться в межах 10-15 мкм.

Застосування мікрометричних пристроїв, що забезпечують малі, точно відлічувані переміщення інструмента, дозволяє за результатами вимірювань оброблюваної деталі швидко виконувати налагодження інструмента на необхідний розмір. Наприклад, вставки типу "мікробор" (рис.2.18) знайшли широке застосування в розточуванні точних отворів діаметром більшим 20мм. Різець 4, оснащений пластиною з твердого сплаву або композита, має державку циліндричної форми, на зовнішній поверхні якої нарізана точна мікрометрична різьба з кроком 0,5 мм і відхиленням по зовнішньому діаметру за допуском п5.

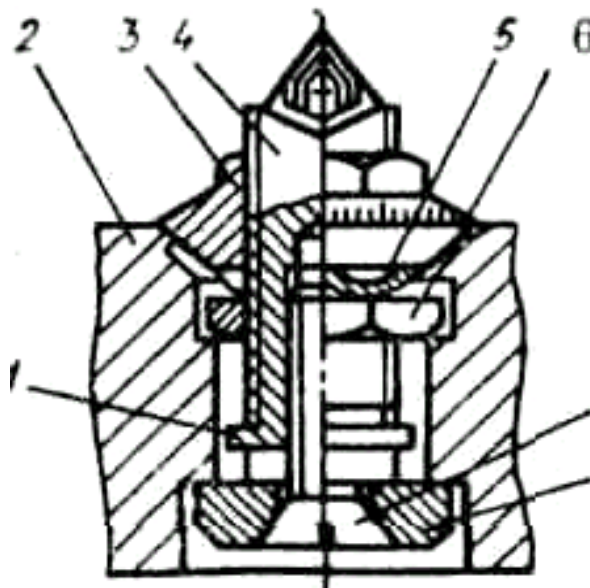


Рисунок 2.18 - Різець-вставка з мікрометричним регулюванням

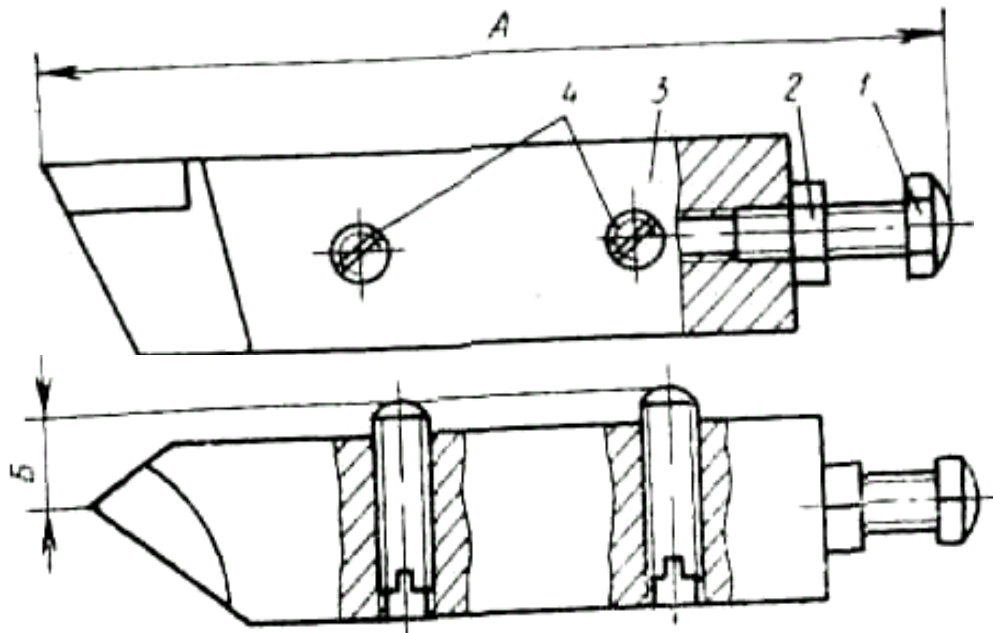


Рисунок 2.19 - Конструкція взаємозамінного різця.

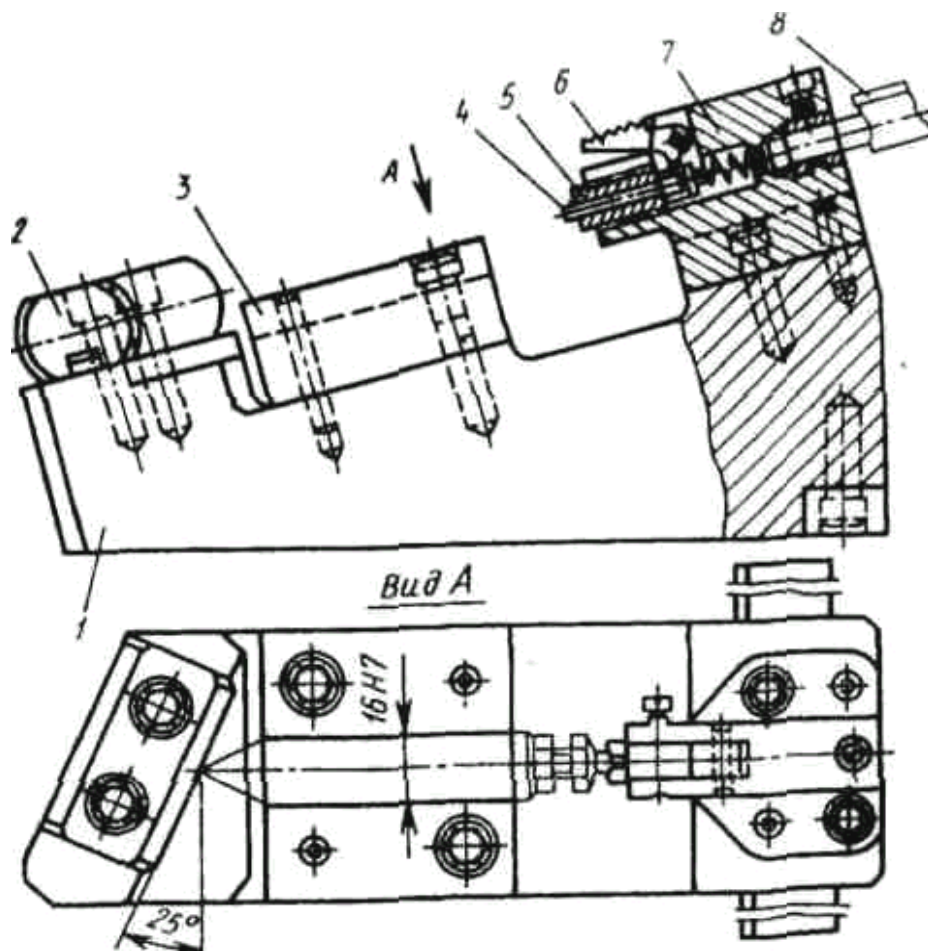


Рисунок 2.20 - Пристосування для налагодження різця на розмір по довжині поза верстатом

Державка різця вставлена в циліндричний отвір розточувальної оправки 2, який виконано з відхиленням по Н7. Для запобігання повороту державки різця в отворі на її нижньому кінці є два шліцевих виступи 1, які входять у відповідні шліцеві пази отвору оправки. В результаті державка різця може переміщуватися в гнізді оправки тільки в осьовому напрямку.

На державку навернена гайка 3 із круговою шкалою (50 поділок). Для кроку різьби 0,5 мм ціна однієї поділки шкали дорівнює 0,01 мм. Конічною поверхнею гайка прилягає до розточки оправки, на краю якої нанесена риска для відліку кута повороту гайки. Контргайка 6 і хвиляста пружина 5 фіксують положення гайки 3 на державці після попереднього налагодження різця на розмір поза розточувальною оправкою. Шайба 8 і гвинт 7, служать для кріплення державки після установки в гніздо оправки й остаточного підналагодження на розмір.

Особливістю попередньо налагоджуваного інструмента є наявність у його конструкції елементів, які дозволяють регулювати положення різальних кромek відносно встановних баз на верстаті. Ці елементи дозволяють компенсувати як неточність виготовлення даного інструмента, так і зміну його розмірів, зв'язаних зі зношуванням і заточеннями. Такі інструменти часто називають взаємозамінними.

Число регульованих розмірів на інструменті (звичайно один-два) залежить від вимог, пропонованих до налагодження. Як регульовальні елементи в більшості випадків застосовують гвинти, гайки, рідше клини, розташовувані безпосередньо на державці або інструменті на проміжній оправці. В останньому випадку інструмент налагоджують на розмір поза верстатом разом з оправкою.

В кожному випадку в залежності від конструкції інструмента задача забезпечення його взаємозамінності може бути вирішена різними шляхами.

При застосуванні багатограних непереточуваних пластин державку не знімають з верстата, а повертають чи змінюють тільки саму пластину.

Збереження налагоджувального розміру в цьому випадку залежить від форми і точності виготовлення пластини, базування її при закріпленні на державці. Кращі результати дає базування пластини по зовнішніх бічних поверхнях. При застосуванні точних і надточних пластин коливання налагоджуваного розміру не виходить за межі 0,025 мм. Похибка положення вершини різця під час повороту чи зміни пластини при базуванні по отвору лежить у межах 0,05 — 0,036 мм для тригранної і квадратної пластин, 0,15—0,31 мм для п'ятигранної і 0,16—0,3 мм для шестиграних пластин. При цьому мінімальні значення відповідають пластинам більш високої точності.

У більшості випадків взаємозамінні різці мають на державці пристрої для налагодження по одній чи двох координатах (рис.2.19). Налагодження по одній координаті (розмір А) застосовується при обробці на прохід. При обробці в упор, а також якщо різець працює на верстаті з ЧПК, необхідне налагодження по двох координатах (розміри А і Б). Налагодження на

розмір А здійснюється гвинтом 1, який вкручений у задній торець державки 3 різця. Гайка 2 служить для фіксації положення гвинта після його регулювання. Недоліком цієї конструкції є можливість зсуву.

При застосуванні взаємозамінних різців висуваються підвищені вимоги до точності виготовлення їх державок і гнізд різцетримачів. Базові й опорні поверхні державки шліфують ($Ra = 0,8 - 1,25$ мкм). Державка не повинна хитатися на контрольній плиті, а щуп товщиною 0,03 мм не повинен проходити під нею. Відхилення висоти і ширини державки встановлюють з допуском h_{12} , а розмір від опорної поверхні державки до опорної поверхні гнізда під пластинку — з допуском h_{11} . Допуск на кут між базовою опорною і бічною поверхнями не більший 1° . Різьба під регулювальний гвинт має точність 6Н та відхилення від паралельності її осі бічним поверхням не повинна перевищувати 0,5 мм на 100 мм довжини.

Налагодження таких різців на необхідний розмір виконуються на спеціальних пристосуваннях поза верстатом. На рис.2.20 приведена конструкція пристосування НДІТавтопром для налагодження різців на необхідну довжину. Різець, що має регулювальний гвинт у задньому торці державки, встановлюють у паз змінної колодки 3, закріпленої на корпусі 1 пристосування. Вершина різця впирається в змінний упор 2, поверхня якого імітує форму поверхні оброблюваної деталі і її положення на верстаті щодо різця. У результаті цього зменшується похибка налагодження, що виникає при коливанні положення вершини різця по висоті. Поворот упора на 25° відповідає положенню державки різця щодо осі деталі на верстаті. Це знижує похибку налагодження, обумовлену зсувом вершини різця по ширині державки.

Регулювальний гвинт різця впирається в торець вимірювального стержня 4, протилежний кінець якого, у свою чергу, впирається в наконечник індикатора 8, закріпленого в стійці 7. Важіль 6 служить для відводу вимірювального стержня при установці різця на пристосування і знятті його. Попередньо пристосування налагоджують по спеціальному еталону, що встановлюють замість різця. Осьовий зсув вимірювального стержня при налагодженні виконуються обертанням різбової втулки 5.

Точність налагодження різців на пристосуваннях з індикаторами коливається в межах 0,015—0,02 мм. Підвищити точність налагодження можна за допомогою спеціальних оптичних приладів моделей БВ - 2010 і БВ - 2011, в яких для контролю положення різальних кромek використані проєкційні чи окулярні мікроскопи зі збільшенням відповідно 25 і 30. При цьому точність встановлення інструмента по кожній координаті 0,005-0,01 мм.

Недоліком налагоджувального пристрою, що складається з болта і контргайки, є те, що важко здійснити малий поворот болта при тонкому регулюванні розміру, а при наступному затягуванні контргайки в налагоджений розмір вноситься додаткова похибка.

Для зменшення втрат часу при налагодженні інструментів варто використовувати інструмент, попередньо налагоджений поза верстатом. У цьому випадку простоювання устаткування визначається часом, необхідним для заміни інструмента. Налагодження ж інструмента на верстаті доцільно лише тоді, коли попереднє налагодження поза верстатом не забезпечує необхідної точності обробки.

Налагодження інструмента на верстаті можуть бути виконані за участю наладчика (ручна) чи за допомогою спеціальних механізмів без участі наладчика (автоматична). Для оцінки доцільності застосування ручного чи автоматичного налагодження варто враховувати час між підналагодженнями, характер устаткування, загальне число інструментів, що обслуговуються наладчиком, можливість здійснення автоматичного контролю розміру деталей і т.д. Час між налагодженнями (стосовно до обробки циліндричної поверхні) може бути орієнтовно визначений так. Розмірний знос різця (мм) за один прохід по обробленій поверхні

$$A_{\text{пр}} = 10^{-9} A_{\text{пр}} \pi D l / S, \quad (2.18)$$

де $A_{\text{пр}}$ — питомий знос різця у (мкм) на 1 км шляху різання ;

D - діаметр оброблюваної поверхні, мм;

l - довжина обробки за один прохід, мм;

S - осьова подача, мм/пр.

Число оброблюваних деталей між налагодженнями (при однопрохідній обробці):

$$K = A_{\text{д}} / A_{\text{пр}}. \quad (2.19)$$

Тоді проміжок часу (хв), через який необхідно виконувати налагодження інструмента, $T_{\text{п}} = T_0 K$, де T_0 - час циклу чи час обробки деталі на даній операції (хв), включаючи машинний час обробки, час зняття й установки деталі і т.д.

Якщо число налагоджень за зміну невелике, доцільно використовувати ручне налагодження за допомогою спеціальних пристроїв.

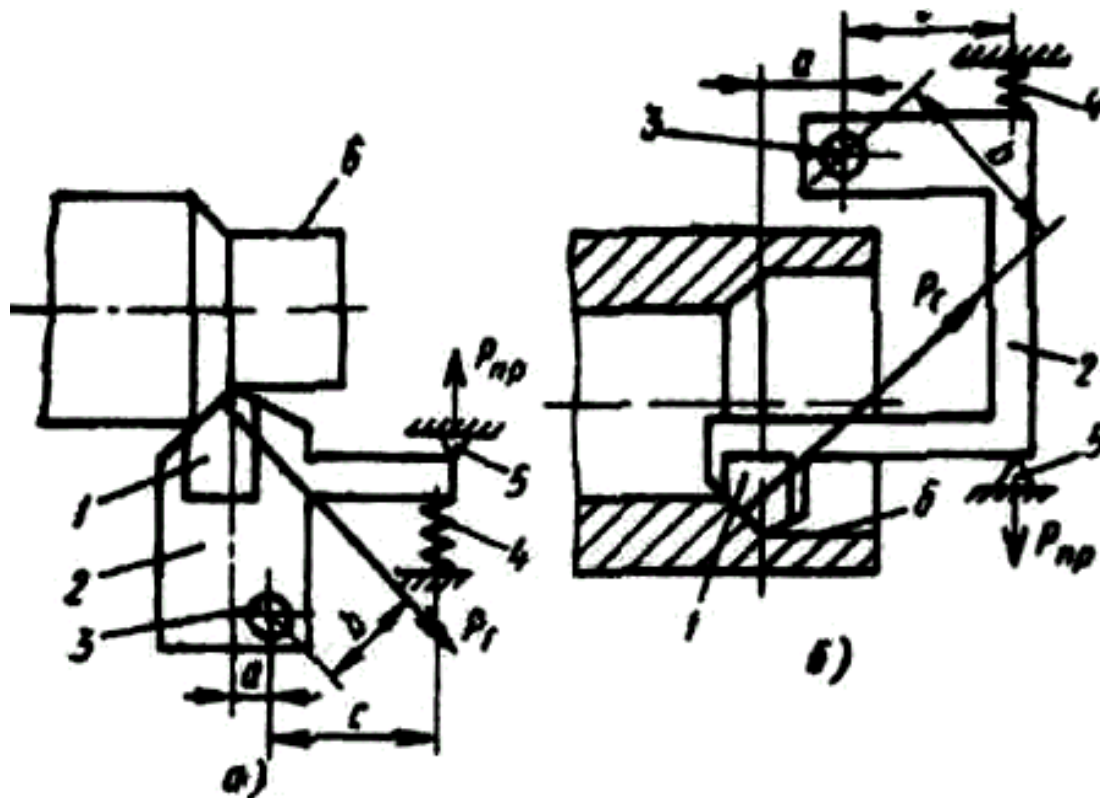


Рисунок 2.21 - Принципова схема інструментального оснащення з від'ємною жорсткістю для обробки: а - зовнішньої; б – внутрішньої

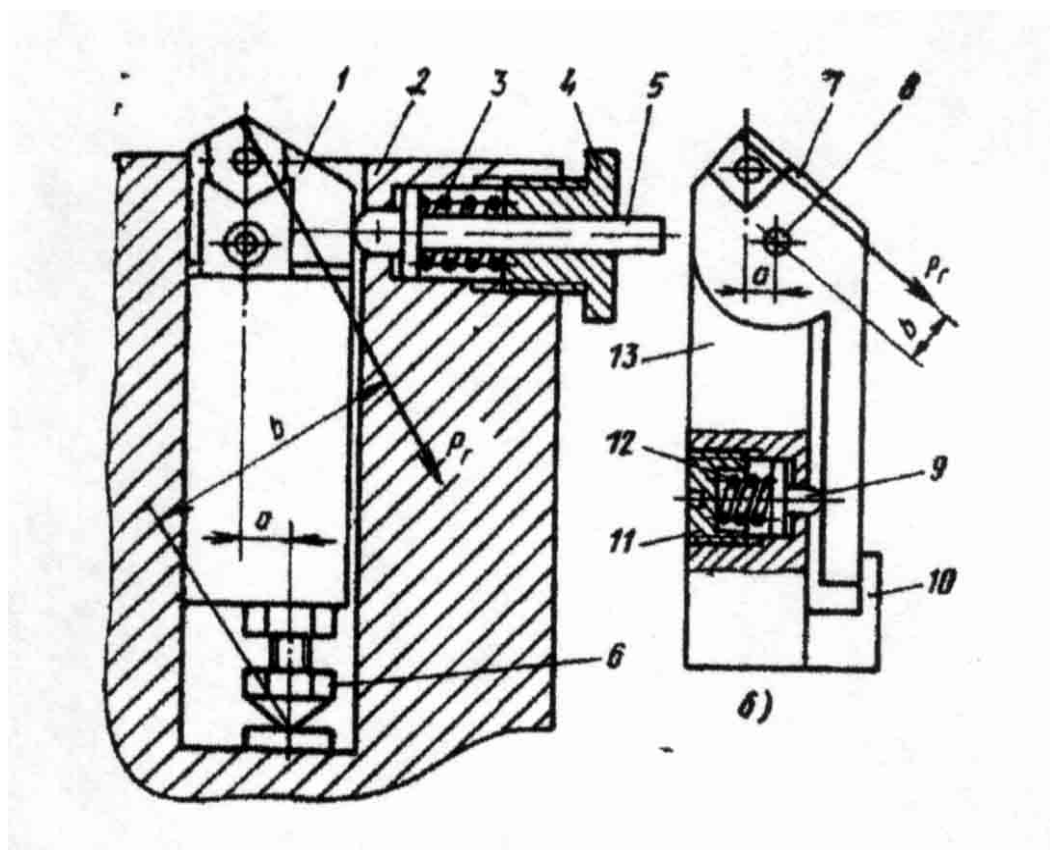


Рисунок 2.22 - Інструментальне оснащення з від'ємною жорсткістю

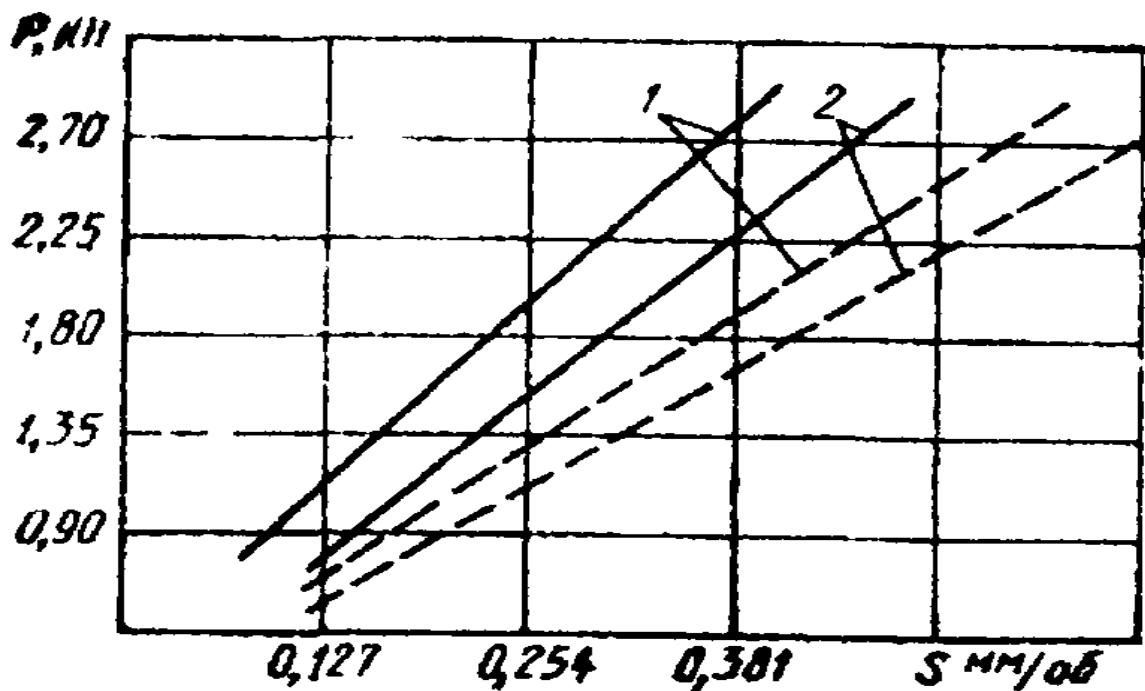


Рисунок 2.23 - Залежність сили P різання від подачі для різців з накладним стружколамачем (1) і зі стружкозавивною лункою (2) при негативному (суцільні лінії) і позитивному (штрихові лінії) передньому куті.

Якщо при проектуванні нового обладнання передбачають пристрої для автоматичного підналагодження, тоді вони є складовою частиною устаткування. Якщо ж пристрій автоматичного підналагодження впроваджують у наявне устаткування, то його виконують у вигляді самостійного вузла (вузлів), що монтують без істотної модернізації устаткування. Як показує практика, пристрої для автоматичного підналагодження успішно застосовують для одноінструментної обробки на операціях зовнішнього і внутрішнього точіння в необертovому інструменті. У цьому випадку пристрій для автоматичного підналагодження розташовують на супорті верстата.

Автоматичне підналагодження може здійснюватися при використанні інструментального з так званою від'ємною жорсткістю. Звичайне збільшення розміру в процесі обробки складається із суми розмірного зносу інструмента і додаткового віджимання його вершини від оброблюваної поверхні під дією збільшеної внаслідок його зносу сили різання (позитивна жорсткість). При негативній жорсткості навпаки, збільшення сили різання викликає наближення вершини інструмента до оброблюваної поверхні, що дозволяє компенсувати розмірний знос.

Принципова схема пристосування з від'ємною жорсткістю стосовно до зовнішньої і внутрішньої обробки приведена на рис.2.21. У горизонтальній

площині вершина різця 1, встановленого в державці 2, зміщена щодо вертикальної осі 3 на величину a . Складова P_r сили різання в горизонтальній площині створює момент $P_r \cdot b$, що сприймається пружним елементом 4. Останній підтискає державку 2 до упора 5, положення якого визначає заданий розмір оброблюваної поверхні 6. Силу притискання $P_{пр}$, вибирають з умови рівноваги системи: $P_r \cdot b = P_{пр} \cdot c$. При зношуванні різця збільшується сила P_r , що приводить до порушення рівноваги системи; пружний елемент стискається, а оправка повертається на осі 3, наближаючи вершину різця до оброблюваної поверхні.

Приклади конструктивного виконання інструментальної оснастки з від'ємною жорсткістю приведені на рис.2.22. Призматичний різець 1 (рис.2.22,а) що налагоджується на розмір поза верстатом, кріпиться в гнізді різцетримача 2 силами різання. Вісь регулювального гвинта 6 зміщена щодо вершини різця, а сферична поверхня головки гвинта служить рухливою опорою, відносно якої повертається різець при збільшенні сили різання внаслідок його зношування. Шток 5 і пружина 3 фіксують різець у вихідному положенні. Гайка 4 служить для створення первісної сили стиску пружини, що забезпечує рівновагу системи при нульовому зношенні різця.

У прохідного різця (рис.2.22,б) головка 7 із пластиною може повертатися на осі 8 відносно державки 13. У тілі державки виконаний пружний елемент, що складається з рухливої опори 9, пружини 12 і регулювального гвинта 11. Скоба 10 фіксує положення вершини різця при його попередньому налагодженні на розмір.

Метод компенсації розмірного зносу інструмента внаслідок від'ємної жорсткості системи не вимагає наявності автоматичних вимірювальних пристроїв, що значно спрощує автоматичне підналагодження інструмента. Однак цей метод застосовуємо лише при чорновій обробці різцями з великими кутами в плані.

На верстатах, керованих від ЕОМ, підналагодження здійснюється шляхом автоматичного внесення корекції в керуючу програму. Для цього на верстаті встановлюють пристрій для вимірювання положення різальної кромки інструмента. Пристрій підводить щуп датчика вимірювального пристрою, який фіксує фактичне положення різальної кромки порівнює його з заданим за програмою і при їх розбіжності автоматично вносить відповідну корекцію. Корекція на знос інструмента може вноситися і за результатами автоматичного вимірювання розмірів обробленої деталі. Перед початком вимірювання інструмент чи деталь промиваються струменем охолоджувальної рідини чи повітря для видалення стружки, що залишилася.

З розглянутих прикладів випливає, що на автоматизованому устаткуванні застосування автоматичного підналагодження дозволяє звести до мінімуму втрати робочого часу, що підвищує його продуктивність. Найбільший ефект досягається при автоматичній заміні

інструмента, який попередньо настроєний на розмір поза верстатом, з наступним його автоматичним піднастроюванням. Заміна і піднастроювання інструмента повинні виконуватися під час заміни деталі.

2.4 ЗАСОБИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАДОВІЛЬНОЇ СТРУЖКИ

В умовах автоматизованого виробництва особливе значення має формування і видалення стружки, яка внаслідок скупчення може утворити переривання в автоматичному циклі роботи устаткування. Це особливо важливо при обробці матеріалів, що дають зливну стружку. Однак отримання занадто дрібної стружки також небажано, оскільки вона може попадати в механізми верстата й інструментальне оснащення, а це призводить до збоїв у роботі і вимагає додаткових пристроїв для захисту і витрат часу на очищення від стружки. Найбільш задовільна стружка у вигляді витка чи декількох витків довжиною до 100 мм, яка полегшує не тільки її відведення із зони різання, але і подальше видалення від верстата на переробку.

Задача стружколомання може бути вирішена різними способами з урахуванням виду операції та інструмента. Вони можуть бути обумовлені конструкцією інструментального оснащення (підбір геометричних параметрів різальної частини інструмента; виконання уступів і лунок на його передній поверхні; застосування накладних стружколомів) і незалежно від неї (стружколомання в результаті зміни кінематики процесу різання).

В умовах масового і крупносерійного виробництва, коли забезпечена стабільність якості заготовок найпростішим способом стружколомання є підбір геометричних параметрів різальної частини інструментів, що не ускладнює їхню конструкцію і переточування. На стружколомання впливають в основному передній кут γ і головний кут у плані ϕ . Зменшення γ приводить до більшої деформації матеріалу стружки, що сприяє її ламанню. Зі збільшенням ϕ стружка стає товстішою, що також сприяє її завиванню і ламанню. Однак зменшення γ і збільшення ϕ призводять до зниження стійкості інструмента. При порушенні процесу стружколомання відновити його шляхом корекції геометричних параметрів інструмента на робочому місці наладчику важко тому, що переточування інструмента виконується централізовано. Спосіб застосовується в основному для різців.

Для стружколомання при подачах більше 0,25 мм/об використовують стружкозавивні лунки й уступи на передній поверхні інструмента. Розміри лунок і уступів залежать від параметрів режиму обробки, і при незначних його змінах стружколомання зберігається. Такий спосіб широко застосовують для різців з напаяними твердосплавними пластинами, але при цьому ускладнюється їхнє переточування і збільшується витрата твердого сплаву. Більш економічне застосування непереточуваних

твердосплавних пластин, при виготовленні яких уже передбачені стружкозавиваючі лунки. Стружколомальні уступи виконують також на свердлах для глибокого свердління.

При механічному кріпленні твердосплавних пластин прихватами останні можуть виконувати функції накладних стружколомів. Конструкцією передбачають можливість регулювання їхнього положення щодо різальної кромки, що дозволяє забезпечити стружколомання в широкому діапазоні режимів різання. Для зменшення зносу поверхні прихвата, що стикається зі стружкою, її армують твердим сплавом. Стружколомом може бути і спеціальна твердосплавна пластина, встановлювана між різальною пластиною і прихватом.

Застосування накладних стружколомів у порівнянні, зі стружкозавивними лунками приводить до збільшення на 15— 20% сили різання (рис.2.23). Накладні стружколоми найбільш ефективні при чистовій обробці, коли ламання тонкої стружки зазнає труднощів.

Відомий стружколом, який кріплять безпосередньо на різцетримачі, а його робочу частину у вигляді клина притискають до передньої поверхні різця. Така конструкція дозволяє в широких межах регулювати положення робочої частини стружколома, що забезпечує ламання стружки в широкому діапазоні режимів різання. До недоліків конструкції відноситься необхідність щільного прилягання робочої частини стружколома до передньої поверхні різця. Це вимагає додаткового регулювання стружколома при заміні різця, що збільшує простої верстата.

Кінематичний спосіб дроблення стружки оснований на дискретності руху подачі, що досягається шляхом періодичного вимикання руху подачі чи надання інструменту зворотно-поступального руху в напрямку подач. При цьому контакт між головною різальною кромкою інструмента і поверхнею різання періодично переривається. Довжина частин стружки залежить від швидкості різання і частоти зміни руху подачі. Механізми для отримання переривчастого руху подачі можуть бути передбачені кінематикою верстата при його проектуванні чи монтуванні в інструментальне оснащення. Найбільш просто цей спосіб реалізується при свердлінні глибоких отворів. При його використанні на операціях загострення інструмента необхідно враховувати, що переривчастий рух подачі приводить до періодичної зміни складових сили різання і, як наслідок, до збільшення хвилястості поверхні.

Кожний з розглянутих способів стружколомання має свої оптимальні області застосування, обумовлені характером операції, режимом роботи, конструкцією різального інструмента і інструментального оснащення. Однак варто враховувати, що в більшості випадків стружколомання в зоні різання приводить до зниження стійкості інструмента і збільшенню витрати енергії на операції. У ряді випадків для стружколомання доцільно використовувати струмінь охолодженої рідини, що подається у зону різання під тиском 0,4 - 0,5 МПа з витратою 30 - 40 л/хв. Напрямок

струменя вибирають таким, щоб він притискав виток стружки до поверхні різання. При цьому виток стружки отримує додаткову деформацію, що призводить до його руйнування. Можливе використання спеціальних екранів і каналів для відводу стружки з зони різання і наступного її дроблення.

3 ОСОБЛИВОСТІ ІНТРУМЕНТАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТІВ

Проблема скорочення простоїв автоматизованого устаткування може бути цілком вирішена застосуванням пристроїв для автоматизації заміни, налагодження і підналагодження інструментів. Для успішної експлуатації таких пристроїв необхідно, щоб наладчик мав постійну інформацію про стан інструментального оснащення, нормальну її роботу, аварійні збої у її роботі і про розміри оброблюваних деталей. У зв'язку з цим необхідна відповідна система сигналізації, що одночасно повинна бути інформаційною і аварійною.

У першому випадку наладчик отримує інформацію про нормальне зношення інструмента, виконання підналагоджень, використання сумарного розміру підналагодження, про подачу сигналу на примусову заміну зношеного інструмента. Бажано мати інформацію про отримані розміри обробки (у межах поля допуску). В другому випадку при виникненні аварійної ситуації повинні бути передбачені: автоматичне вимикання верстата і подача сигналу для втручання наладчика. До аварійних ситуацій варто віднести: поломку інструмента, відсутність заміни інструмента при вичерпанні сумарного розміру підналагодження, порушення правильності базування і фіксації деталі, поява підряд декількох бракованих деталей. Система сигналізації повинна складатися з пристроїв у більшості випадків призначених для виконання обох функцій - інформаційної й аварійної.

Найпростішим пристроєм для непрямої інформації про знос інструмента є лічильник циклів, число яких визначає тривалість роботи інструмента і до деякої міри його зношення. Стрілковий прилад лічильника звичайно встановлюють в інструментальній шафі, де зберігається комплект інструмента, підготовленого для заміни зношеного. Лічильник налагоджують так, щоб він подавав сигнал на заміну інструмента при відпрацьовуванні 90% загального числа циклів; при обробці 100% він повинен зупинити верстат. Після заміни інструмента наладчик повертає стрілки лічильника у вихідне положення.

Недоліком цього способу є те, що скорочення передчасних виходів інструмента з ладу вимагає зменшувати період стійкості інструмента в порівнянні з оптимальним, отже призводить до деякого збільшення витрати інструмента. Крім того, лічильник циклів не дає сигналу про аварійну поломку інструмента. Для цього необхідні самостійні пристрої,

які контролюють стан різальної частини інструмента наприкінці циклу обробки, перевіряють стан обробки деталі. Конструкція таких пристроїв залежить від виду і числа контрольованих інструментів, а також від конфігурації деталі.

Найбільш просто вирішується задача при контролі стану осьових інструментів. Свердла і мітчики можуть контролюватися при обмацуванні їх робочої частини контактними давачами або безконтактним методом за допомогою фотоелементів і т. п... Коли число інструментів велике і контролювати стан безпосередньо інструментів неможливо, переходять до контролю деталі. Так, на автоматичній лінії з обробки блоку циліндрів глибину свердління вертикальних і горизонтальних отворів контролюють на виносній контрольній операції. На цій операції застосовують контрольні плити. На них у визначених місцях (відповідно до розташування отворів на деталі) закріплені штирі, довжина яких обрана виходячи з необхідної глибини свердління, а діаметр на 1 - 2 мм менший діаметра свердління. При поломці інструмента відповідний штир не входить в отвір, а плита не доходить до кінцевого положення і не замикає контакт, що приводить до подачі сигналу на зупинку верстата.

Більш досконале застосування вбудованих вимірювальних пристроїв, які дозволяють контролювати розміри деталей безпосередньо на верстаті наприкінці обробки. Такі пристрої виконують три функції: інформують про розміри оброблюваних деталей, подають команду на підналагодження інструмента при його зношенні і команду на відключення верстата при поломці інструмента.

У вимірювальних пристроях використовують давачі (електромеханічні, пневмоелектричні, електронні та ін.), які перетворюють відхилення вимірюваних розмірів в електричні сигнали. При встановленні таких пристроїв на верстаті виникає ряд труднощів через необхідність їх захисту від забруднень стружкою і ЗОР (Змащувально охолоджувальна рідина), впливу вібрацій верстата на їхні показники і т.п. Тому в ряді випадків, особливо на автоматичних лініях і в автоматизованих верстатних комплексах, деталі вимірюють на виносних позиціях. Здійснення підналагодження і заміни інструмента на підставі результатів вимірювання розмірів деталей дозволяє цілком використовувати можливості кожного різального інструмента, що приводить до зменшення їх витрат.

Зношення інструмента можна побічно оцінювати за допомогою пристроїв, що вимірюють силу різання чи температуру в зоні різання. Однак сила різання і температура можуть підвищуватися внаслідок зношення інструмента, у зв'язку зі зміною фізико-механічних властивостей матеріалу чи заготовок через коливання припуску, що може викликати подачу помилкових команд на підналагодження чи заміну. Звичайно такі пристрої застосовують на чорнових операціях, коли допускається значне зношення інструмента. Ці пристрої не захищають робочу зону, що спрощує їх вбудовування у верстат. Більш ефективне застосування таких

пристроїв для контролю цілості інструмента. У цьому випадку їх налагоджують на різку зміну вимірюваної величини. Вона може різко зменшитися до нуля (поломка свердла) чи різко збільшитися. Істотним недоліком таких пристроїв є відсутність інформації про розміри оброблених деталей.

Питання про вибір системи заміни інструмента звичайно вирішують під час проектування автоматизованого устаткування. При цьому застосовують дві основні системи зміни - поточну чи планово-попереджувальну (групову). Обидві системи мають свої переваги і недоліки.

В поточній системі заміни інструмента кожен інструмент при його затупленні замінюють незалежно від інших. У цьому випадку його можливості використовують повністю, але простоти устаткування значні тому, що кожен раз до часу на безпосередню зміну і регулювання інструмента додається допоміжний час, необхідний на вмикання і вимикання устаткування, підхід до місця зміни, зняття огороження, очищення від стружки і т. д. При роботі N інструментів сумарні втрати на їх заміну

$$\sum P_{тек} = \sum_{i=1}^{N/n} \frac{t_{доп} + t_{зм}}{T_i}, \quad (3.1)$$

де $t_{доп}$ - допоміжний час при заміні інструмента; $t_{зм}$ - час на безпосередню заміну одного інструмента, включаючи регулювання, якщо воно необхідно; T_i - стійкість i -го інструмента.

При планово-попереджувальній системі заміни інструментів групу інструментів замінюють, за заздалегідь наміченим порядком, після відпрацювання визначеного числа циклів обробки або визначеного числа деталей (це число встановлюють по інструменту, що має мінімальну стійкість у даній групі). У такому випадку не вдається цілком використати можливості всіх різальних інструментів, які входять у змінювану групу. Підготовчо-заклучний час на заміну інструмента менший, ніж на групу інструментів, тому знижується загальний час простою устаткування. Сумарні втрати часу при груповій заміні інструментів

$$\sum P_{тек} = \sum_{i=1}^{N/n} \frac{t_{исп} + n \cdot t_{см}}{T_{cp} + a \cdot (i-1)} \cdot \frac{K_c}{K_o - 1}, \quad (3.2)$$

де N - загальне число працюючих інструментів; T_i - число інструментів у групі, що підлягає одночасній заміні; T_{cp} - середня стійкість першого інструмента; a - параметр, що характеризує наростання

стійкостей,

$$a=(T_N-T_i) / (N-1), \quad (3.3)$$

де T - максимальна стійкість останнього інструмента; T_i - мінімальна стійкість першого інструмента; K_c - коефіцієнт стабільної стійкості інструмента,

$$K_c=T_c / (T_p-T_{\min}), \quad (3.4)$$

$T_{\min}$ - мінімальна стійкість інструмента.

Чим більше загальне число N працюючих інструментів, тим вищі абсолютні втрати в результаті заміни інструмента і тим ефективніша його групова заміна. Як показують розрахунки, вигідно одночасно замінювати по $n = 4 - 5$ інструментів, тобто замінювати не тільки даний інструмент, що затупився, але і три-чотири наступних за ним за ресурсом стійкості.

Розглянуті положення справедливі тільки при високій надійності і стабільності стійкості ($K_c > \infty$) інструмента. Чим нижча надійність і стабільність стійкості інструментів, тим менш ефективна групова система заміни інструмента. Як показують розрахунки при $K_c < 3$ групова зміна інструмента приведе тільки до збільшення сумарних втрат. Отже, критерієм вибору системи заміни інструмента (поточної чи групової) є надійність інструмента і стабільність його стійкості. Якщо $M=1-4$, то абсолютні втрати часу через відмову інструмента невеликі, так що будь-який варіант системи його заміни мало впливає на втрати і ще менше на продуктивність устаткування. Таким чином, у кожному конкретному випадку вибирають ту систему, що дає менше сумарних втрат часу роботи устаткування.

На практиці стійкість інструментів значно відхиляється від розрахункових значень. Це обумовлено значними коливаннями оброблюваності різних партій заготовок і різальної здатності різних партій інструментів. При об'єднанні інструментів у групи для одночасної заміни корисуються значеннями їхньої середньої стійкості, що в середині групи не повинна коливатися більше ніж на 15 - 20%. При цьому варто брати до уваги загальне число інструментів у зоні обслуговування одного наладчика, тривалість заміни і частку втрат на заміну в загальному фонді часу роботи устаткування. Якщо простой при заміні інструментів перевищують 10% номінального фонду часу, то необхідно або скоротити зону обслуговування наладчика, або число замін інструмента в зміну (збільшивши його стійкість), або час на заміну кожного інструмента (забезпечивши його швидкозміненість).

Інструмент замінювати бажано в неробочий час, тобто періоди заміни інструмента повинні бути рівні чи кратні половині зміни. Для кожної зони обслуговування наладчик складає графік заміни інструмента, в якому фіксуються дата і час кожної заміни, що дуже важливо при бригадній системі роботи. В графіку повинно бути відображено також число деталей, після обробки яких варто замінювати інструмент тому, що календарний час не враховує випадкові порушення в роботі устаткування, які відбуваються не з вини інструментів. Це дозволить виключити їхню передчасну заміну.

Для забезпечення виконання графіка в розпорядженні наладчика повинний бути необхідний запас інструментів, підготовлених для заміни зношених. Необхідне число інструментів кожного типорозміру в запасі

$$K = A \cdot \left(\frac{H}{M} + 1 \right), \quad (3.5)$$

де A - число інструментів даного типорозміру, що працюють днчасно шт.; H - число замін інструмента за зміну, M - кратність поповнення запасу інструмента за зміну.

Число замін інструмента за зміну

$$H = \Pi / t, \quad (3.6)$$

де Π - число деталей, оброблюваних за зміну, шт.; t - число деталей, оброблюваних між змінами інструмента, шт.

У свою чергу

$$\Pi = F_n K_{\text{вик}} / T_{\text{ц}}, \quad (3.7)$$

де F_n - номінальний фонд часу роботи верстата в зміну, хв; $K_{\text{вик}}$ - коефіцієнт використання номінального фонду часу; $T_{\text{ц}}$ - час циклу роботи верстата чи лінії, хв.

Тоді запас інструмента

$$K = A \cdot \left(\frac{F_n \cdot K_{\text{вик}}}{T_{\text{ц}} \cdot m \cdot M} + 1 \right), \quad (3.8)$$

Для швидкої і безперебійної заміни інструмента весь налагоджений запас інструмента повинен зберігатися в інструментальній шафі наладчика, де для кожного типорозміру є відповідні гнізда. Запас повинний поповнюватися згідно з розробленими графіками доставки інструментів і забору зношених інструментів для їхнього перегострювання і нала-

годжування на розмір поза верстатом (якщо інструмент взаємозамінний). Обов'язковою умовою є централізоване перегострювання інструментів, яке повинно забезпечувати стабільність їхніх ріжучих властивостей.

Особливістю різального і допоміжного інструмента, який застосовується в автоматизованих верстатних комплексах, є високий ступінь його уніфікації. Це дозволяє скоротити номенклатуру і загальне число інструментів. Уніфікація допоміжного інструмента (інструментальних оправок) дозволяє застосовувати його на всіх однотипних верстатах, що входять в автоматизовані комплекси.

Як приклад можна привести розроблену НДІ інструмента систему розточувального збірного модульного інструмента для обробки отворів діаметром 40-160 мм (рис.3.1). У загальному випадку такий інструмент збирають з модулів 4-х типів. Система передбачає три типорозміри хвостовиків з конусом 7:24, по чотири типорозміри подовжувачів і перехідників, п'ять типорозмірів однозубих і шість типорозмірів двозубих розточувальних головок з механічно закріпленими змінними багатограними твердосплавними пластинами.

Розточувальні головки складаються з корпусу і державки з закріпленими на ній різальними пластинами. Для встановлення по діаметру державка однозубої головки переміщається в радіальному напрямку по пазу типу «ластівковий хвіст», а державка двозубої головки зміщується по рифленнях. На необхідний діаметр головку налагоджують у зборі з конічним хвостовиком на приладі моделі БВ-2015.

Система дозволяє збирати оптимальний за довжиною і діаметром інструмент із декількох модулів. Модулі з'єднують за допомогою різьблення, а співосність забезпечується циліндричним направляючим паском (рис.3.1, в). Для досягнення більшої твердості інструмента при його збиранні рекомендується використовувати східчасту схему з'єднання модулів: діаметр різальної головки вибирають виходячи з діаметра оброблюваного отвору, а діаметри подовжувачів, перехідників і хвостовика вибирають по можливості великими, в залежності від конструкції оброблюваної деталі. При збиранні модулів у різьбовому сполученні створюється натяг під час дії крутного моменту 100—300 Нм в залежності від діаметра різі. Така система, що складається з 22 модулів, дозволяє зібрати понад 40 інструментів, що розрізняються за довжиною і діаметром. Організація експлуатації різального інструмента на автоматизованих верстатних комплексах включає: приймання різального і допоміжного інструмента що надходить; його комплектацію і розмірне налагодження разом з допоміжним інструментом; доставку налагоджених інструментів до верстатів комплексу; спостереження за станом інструмента при обробці деталей і його своєчасну заміну; систематизоване збереження й облік наявного інструмента.

У багатоцільових верстатів із ЧПК й автоматизованих верстатних комплексів, керованих від ЕОМ, передбачені пристрої автоматизованої

заміни інструмента в процесі обробки заготовки, що дозволяє комплексно обробити деталь за одну або кілька установок і тим самим значно скоротити час обробки. Для цього верстати забезпечують магазинами інструментів - барабанными (на 30 - 40 інструментів) або ланцюговими (на 60 - 100 інструментів). Однак збільшення числа інструментів у магазині приводить до збільшення розмірів верстата і часу пошуку інструмента в магазині. При великій номенклатурі складних деталей місткість магазину може виявитися недостатньою, тому приходить передбачати змінний магазин з інструментом, що доставляється з відділення підготовки інструмента спеціальним транспортним пристроєм.

Найбільш перспективна автоматизована індивідуальна подача інструмента, необхідного для обробки, зі складу інструментів у магазин верстата і назад, здійснена в вітчизняних автоматизованих комплексах АЛП-3-1 і АЛП-3-2. У цьому випадку знімається обмеження на число інструментів для однієї деталі в межах місткості магазину інструментів верстата. Для цього в автоматизовані верстатні комплекси включені транспортно-накопичувальні системи інструментів, що виконують такі функції: автоматичне транспортування і розподіл інструментів по верстатах комплексу; автоматичне завантаження і вивантаження інструментів з магазинів верстатів при переході на обробку іншої деталі і збереження їх у централізованих магазинах-нагромаджувачах на складі; вивед з роботи інструментів на переналагодження і загострення і введення нових інструментів.

Для гарантії якості деталей, оброблених на автоматизованих верстатних комплексах, першорядне значення отримує система спостереження за станом інструмента. Для цього кожному інструменту призначають гарантований термін придатності, а система керування комплексом реєструє фактично відпрацьований інструментом час. При його вичерпанні ЕОМ подає команду автооператору, і інструмент вилучається з магазину і замінюється дублером. Однак така система спостереження за станом інструмента не забезпечує повного використання можливостей окремих різальних інструментів.

Для запобігання аварійних ситуацій, зв'язаних з поломкою інструментів, поряд із системою обліку часу роботи інструмента застосовують різні методи прямого чи непрямого контролю за його станом. Однак контроль за часом роботи кожного інструмента, заміна зношеного і поламаного значно ускладнюють логіку програмного забезпечення системи керування комплексом.

Таким чином, стабільна робота автоматизованого устаткування залежить від успішного вирішення ряду організаційно-технічних заходів, основними з яких є: здійснення примусової заміни інструмента; наявність інформаційних і сигналізуючих пристроїв контролю стану інструмента; забезпечення безперебійного постачання устаткування інструментом стабільної якості.

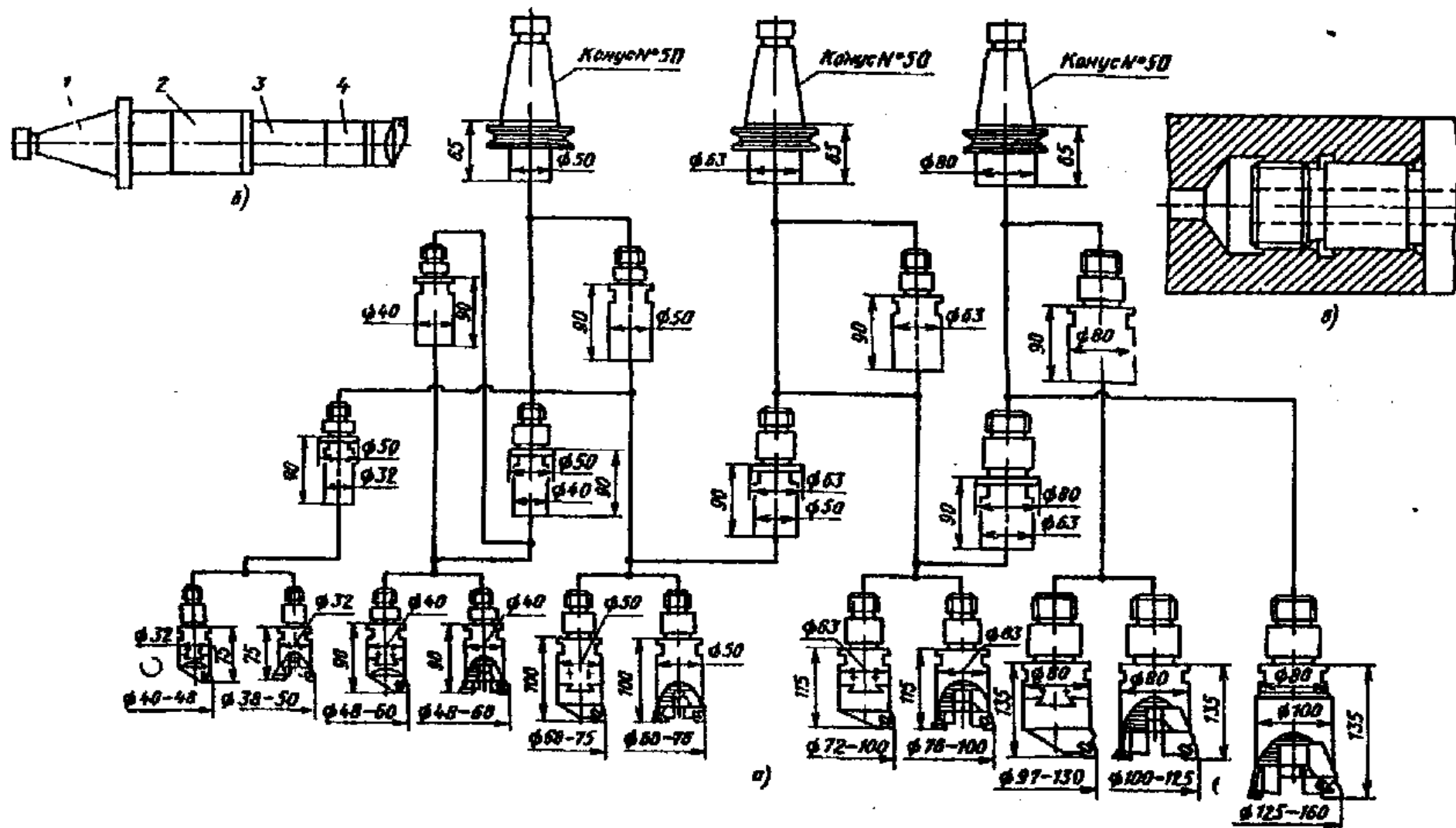


Рисунок 3.1 - Збірний розточувальний інструмент для багатоцільових верстатів:
 а - загальна система модулів; б - компановка інструмента; в - конструкція з'єднаних модулів

