

І. В. Севостьянов

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВЕРСТАТНИХ  
КОМПЛЕКСІВ**

Лабораторний практикум

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

І. В. Севостьянов

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВЕРСТАТНИХ КОМПЛЕКСІВ

Лабораторний практикум

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів напряму підготовки 0902 – “Інженерна механіка” та спеціальності інженерії 7.090203 – “Металорізальні верстати та системи”. Протокол №11 від 25 травня 2006 р.

Вінниця ВНТУ 2006

УДК 621 9.06-52  
С 28

*Рецензенти:*

**І. О. Сивак**, доктор технічних наук професор  
**П. С. Берник**, доктор технічних наук професор  
**Ю. І. Муляр**, кандидат технічних наук доцент

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

**Севостьянов І. В.**

С 28 **Експлуатація верстатних комплексів.** Лабораторний практикум.  
Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2006. – 123 с.

У посібнику містяться матеріали десяти лабораторних робіт, що виконуються при вивченні курсу однойменної дисципліни. Теоретична частина робіт включає основні відомості щодо підготовки до експлуатації та експлуатації токарних, свердлильних і фрезерних верстатів, а також обладнання з ЧПК. Розглядаються схеми виконання на даних верстатах основних операцій, інструмент та пристосування, які при цьому застосовуються. Наводяться вказівки до виконання практичної частини робіт, що дозволяє студентам отримати навички з налагодження інструмента та пристосувань, а також з базування та закріплення заготовок при роботі на верстатах.

УДК 621 9.06-52

© І.Севостьянов, 2006

## Зміст

Позначення.....	4
Вступ.....	5
<b>Лабораторна робота №1. Способи устанавлення та вивірення заготовок при обробці на токарних верстатах.....</b>	<b>6</b>
1.1. Теоретичні відомості.....	6
1.2. Хід роботи.....	14
1.3. Зміст звіту.....	15
1.4. Контрольні запитання.....	15
<b>Лабораторна робота №2. Схеми виконання основних токарних операцій .....</b>	<b>16</b>
2.1. Теоретичні відомості.....	16
2.2. Хід роботи.....	25
2.3. Зміст звіту.....	25
2.4. Контрольні запитання.....	25
<b>Лабораторна робота №3. Обробка на токарно-карусельних верстатах.....</b>	<b>27</b>
3.1. Теоретичні відомості.....	27
3.1.1. Призначення токарно-карусельних верстатів.....	27
3.1.2. Схеми обробки елементарних поверхонь.....	28
3.1.3. Установлення заготовок та використання пристосувань.....	34
3.1.4. Різальний інструмент та його устанавлення.....	36
3.2. Хід роботи.....	38
3.3. Зміст звіту.....	39
3.4. Контрольні запитання.....	39
<b>Лабораторна робота №4. Обробка на токарно-револьверних верстатах.....</b>	<b>40</b>
4.1. Теоретичні відомості.....	40
4.2. Хід роботи.....	48
4.3. Зміст звіту.....	49
4.4. Контрольні запитання.....	49
<b>Лабораторна робота №5. Обробка на багатошпиндельних вертикальних токарних напівавтоматах.....</b>	<b>50</b>
5.1. Теоретичні відомості.....	50
5.2. Хід роботи.....	59
5.3. Зміст звіту.....	59
5.4. Контрольні запитання.....	59
<b>Лабораторна робота №6. Обробка на вертикально- і радіально-свердлильних верстатах.....</b>	<b>61</b>
6.1. Теоретичні відомості.....	61
6.2. Хід роботи.....	81
6.3. Зміст звіту.....	81
6.4. Контрольні запитання.....	82
<b>Лабораторна робота №7. Обробка на фрезерних верстатах.....</b>	<b>83</b>

7.1. Теоретичні відомості.....	83
7.2. Хід роботи.....	100
7.3. Зміст звіту.....	100
7.4. Контрольні запитання.....	100
<b>Лабораторна робота №8. Базування та закріплення заготовок при обробці на верстатах з ЧПК. Налагодження пристосувань.....</b>	<b>101</b>
8.1. Теоретичні відомості.....	101
8.1.1. Задачі налагодження.....	101
8.1.2. Базування та закріплення заготовок. Налагодження пристосувань.....	102
8.2. Хід роботи.....	107
8.3. Зміст звіту.....	108
8.4. Контрольні запитання.....	108
<b>Лабораторна робота №9. Установлення виконавчих елементів верстата з ЧПК у вихідне для початку роботи положення.....</b>	<b>109</b>
9.1. Теоретичні відомості.....	109
9.2. Хід роботи.....	113
9.3. Зміст звіту.....	114
9.4. Контрольні запитання.....	115
<b>Лабораторна робота №10. Керування статичним налагодженням верстатів з ЧПК.....</b>	<b>116</b>
10.1. Теоретичні відомості.....	116
10.2. Хід роботи.....	120
10.3. Зміст звіту.....	121
10.4. Контрольні запитання.....	121
Література.....	122

#### Позначення

- БГ – багатошпindelна головка;
- ВПД – верстат – пристосування – інструмент – деталь;
- ЗБП – змінні багатогранні пластини;
- ЗОР – змащувально-охолоджувальна рідина;
- НТМ – надтверді матеріали;
- ПЧПК – пристрій числового програмного керування;
- УСП – універсально-складальні пристосування;
- ЧПК – числове програмне керування.

## Вступ

У навчальному посібнику містяться теоретичні матеріали та методичні вказівки до виконання лабораторних робіт в курсі дисципліни „Експлуатація верстатних комплексів”, що вивчається на п'ятому курсі студентами напряму підготовки „Інженерна механіка”, спеціальності 7.090203 – „Металорізальні верстати та системи” денної форми навчання. Тематику та зміст лабораторних занять розроблені у відповідності із робочим планом, а також навчальною і робочою навчальною програмою вищевказаної дисципліни.

При виконанні лабораторних робіт студенти знайомляться зі схемами налагодження при виконанні основних операцій з обробки заготовок деталей різних типорозмірів на токарних (в тому числі токарно-гвинторізних, токарно-карусельних, токарно-револьверних верстатах та багатошпindelних вертикальних токарних напівавтоматах), свердлильних і фрезерних верстатах, а також на обладнанні з ЧПК. Зокрема, в теоретичній частині останніх лабораторних робіт розглядаються схеми базування та закріплення заготовок при обробці на верстатах з ЧПК, схеми налагодження пристосувань, основні методи установа виконавчих елементів верстата з ЧПК у вихідне для початку роботи положення, мета керування статичним налагодженням верстатних комплексів; схеми та принцип дії автоматизованих пристроїв для його здійснення. В матеріалах кожної роботи вказані її мета, використовуване обладнання, пристрої та інструменти, наведені теоретичні відомості, послідовність виконання практичної частини, зміст звіту та контрольні запитання.

Після завершення виконання курсу лабораторних занять студенти повинні отримати теоретичні знання та практичні навички з експлуатації сучасних верстатних комплексів різного призначення, що є необхідними в їх майбутній інженерній діяльності.

## **Лабораторна робота №1**

### **Способи установлення та вивірення заготовок при обробці на токарних верстатах**

**Мета роботи:** ознайомитись зі способами та схемами установлення та вивірення заготовок при обробці на токарних верстатах, одержати навички вибору найраціональнішого способу, залежно від конфігурації заготовки та розташування оброблюваних поверхонь, реалізувати практично деякі з вивчених схем установлення та вивірення заготовок.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** токарно-гвинторізний верстат моделі 1А616, заготовки багатоступінчастих валів, нерухомий люнет, щуп, індикатори годинникового типу, магнітні стояки.

#### 1.1. Теоретичні відомості

До токарних верстатів відноситься велика група технологічного металорізального обладнання, призначеного для обробки циліндричних, конічних, фасонних, гвинтових та торцевих поверхонь обертання, співвісних зі шпинделем верстата [1, 2]. Для обробки зовнішніх поверхонь заготовок деталей типу „вал” застосовують як центрові, так і безцентрові токарні верстати. Концентричні поверхні заготовок деталей типу „втулка” та „кільце” обробляють на токарних центрових та патронних верстатах. Деталі типу „диск” з торцями великих діаметрів виготовляють на лоботокарних верстатах, які займають меншу площу в плані, ніж центрові верстати; крім того, вони краще пристосовані для обробки зовнішніх та внутрішніх торцевих поверхонь, зокрема мають пристрої для підтримання постійної швидкості різання, а також нарізання торцевих різьб (спіралей).

Обробку на токарних безцентрових верстатах здійснюють за допомогою багаторізцевих обертових головок, при подовжній подачі заготовок. На даному обладнанні обточують труби та циліндричний сортовий прокат; воно має високу продуктивність та відноситься до підвиду спеціальних верстатів [1]. Широко застосовують в промисловості і універсальні токарні патронно-центрові верстати горизонтального компонування.

До найбільш розповсюджених способів установлення та вивірення заготовок під час обробки на токарних верстатах, відносять такі.

*Установлення на центрах* найчастіше застосовують при виготовленні деталей типу „вал”, „барабан”, „циліндр”, а також при обробці заготовок різних конфігурацій, закріплених на оправках. Дрібні та середні за масою заготовки установлюють на суцільні упорні центри (рис. 1.1, а). При необхідності підрізання торця заготовки зі сторони задньої бабки використовують півцентр, а при роботі з високими швидкостями різання – обертові центри (маса заготовки в останньому випадку може складати до 20 т). Точність установлення на обертових центрах нижча, ніж на суцільних (допустиме радіальне биття для центрів підвищеної і нормальної точності 0,007 і 0,015 мм, відповідно). Заготовки з наскрізними отворами установлюють на центрах збільшеного діаметра з вершинами у формі зрізаного конуса

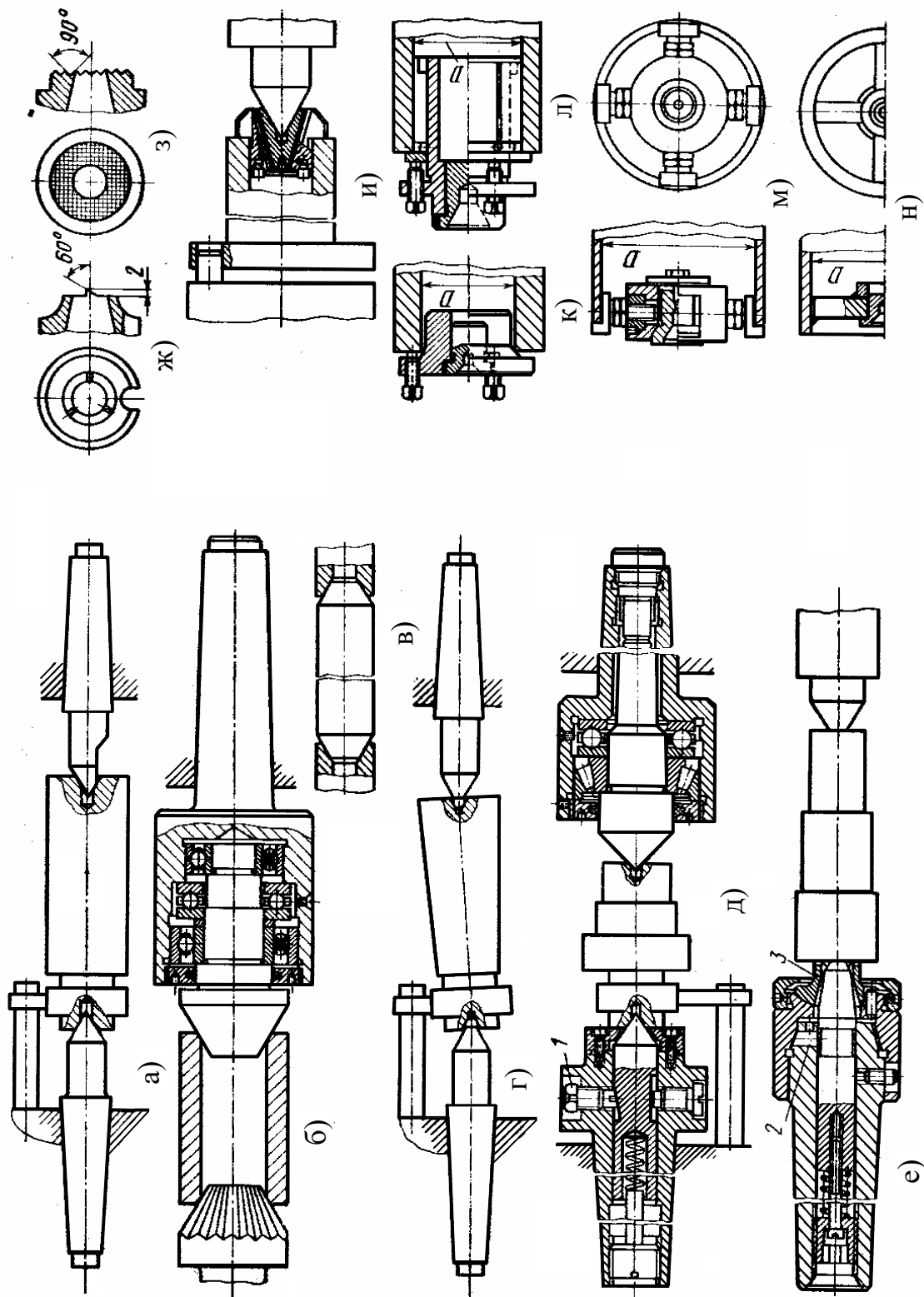


Рис. 1.1. Схеми установлення заготовок на центрах токарних верстатів



(грибкові центри). На рис. 1.1, б зображені грибковий задній та обертовий рифлений передній центри. Застосування рифлених центрів (тригранних або багатозубих) дозволяє відмовитись від повідків і здійснювати обточування валів та циліндрів по всій довжині, а також виконувати двостороннє підрізання їх торців. Проте реалізація установа на рифлені центри не забезпечує високої точності (радіальне биття до 0,5 мм) і допускає тільки одноразове використання бази, що обумовлене її пошкодженням при першому закріпленні.

Заготовки малого діаметра можна устанавлювати на зворотні центри (рис. 1.1, в) із базуванням по конічних фасках на їх зовнішній поверхні. Передача обертального моменту при чистовій обробці таких заготовок можлива без повідка. Обточування конусів з використанням методу зміщення задньої бабки здійснюють при установа на сферичні центри (рис. 1.1, г).

Установа на передній плаваючий центр (рис. 1.1, д) з базуванням заготовки по торцю забезпечує досягнення високої точності лінійних розмірів при застосуванні способу їх автоматичного отримання. Для зменшення вібрацій системи передбачено стопоріння центра вручну – гвинтом 1 або автоматично – при заклинюванні його плунжерами 2 (рис. 1.1, е). Наявність в конструкції повідкової шайби 3 дозволяє здійснювати обробку заготовки за один установ, оскільки в даному випадку відпадає необхідність у застосуванні повідка. Розглянуту схему використовують при обробці заготовок діаметром до 80 мм і довжиною до 400 мм. При чорновій обробці шайба має бути тризубцевою (рис. 1.1, ж), а при чистовій – багатозубцевою (рис. 1.1, з). В останньому випадку від зубців повідкового пристрою на торці заготовки залишаються дрібніші сліди. Заготовки з отвором великого діаметра устанавлюють на центри за допомогою пробок або хрестовин. Пробки виконують суцільними – для базування заготовок з отвором діаметром  $D = 10 \div 150$  мм (рис. 1.1, к), розтискними – при  $D = 40 \div 350$  мм (рис. 1.1, л), саморозтискними – при  $D = 70 \div 450$  мм (рис. 1.1, и). Регульовані хрестовини (рис. 1.1, м) застосовують при  $D = 400 \div 1500$  мм, а зварні (рис. 1.1, н) – при  $D > 1500$  мм. Установа на пробках виконують без вивірення з точністю 0,03 – 0,10 мм, а на зварних хрестовинах – з точністю 0,2 мм. При необхідності установа заготовки на регульованих хрестовинах контролюють її радіальне биття, а також положення у горизонтальній та вертикальній площинах з точністю 0,5 мм.

*Установа в патроні та на задньому центрі* застосовують при необхідності обробки заготовок великих діаметрів та довжин, за відсутності на їх торцях зі сторони передньої бабки центрових отворів. Точність базування в самоцентрувальних патронах 0,05 – 0,10 мм; при використанні чотирикулачкового патрона установа виконують з вивіренням положення заготовки зі сторони патрона за висотою та биттям з точністю 0,05 мм.

Установлення в патроні та на нерухомому люнеті використовують

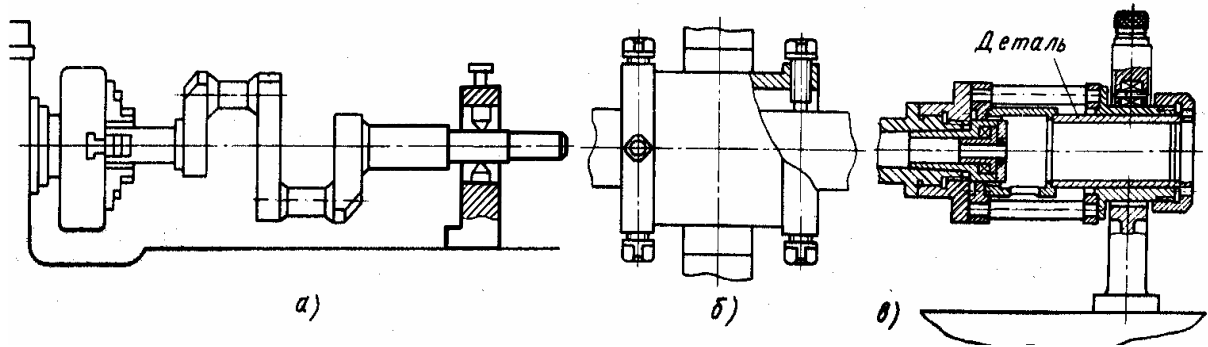


Рис. 1.2. Схеми установлення заготовок в патроні та на нерухомому люнеті

при необхідності обробки осьового отвору та торця заготовки з боку задньої бабки, а також обточування тої її ділянки, що розташована між люнетом та патроном. При обробці важких заготовок застосовують люнети відкритого типу, в інших випадках – люнети закритого типу. Під люнети на заготовках проточують спеціальні пояски (рис. 1.2, а). В деяких випадках вали діаметром 30 – 200 мм можна установлювати на люнеті і без обробки поясків за допомогою регульованих муфт (рис. 1.2, б). Установлення заготовок проводять з вивірненням їх положення в горизонтальній та вертикальній площинах, а також биття з точністю 0,03 – 0,05 мм. Без вивірнення заготовки установлюють тільки в спеціальних патронах (рис. 1.2, в).

Установлення на центрах з використанням рухомого люнета здійснюють при обробці нежорстких заготовок (рис. 1.3). До поверхні, яка

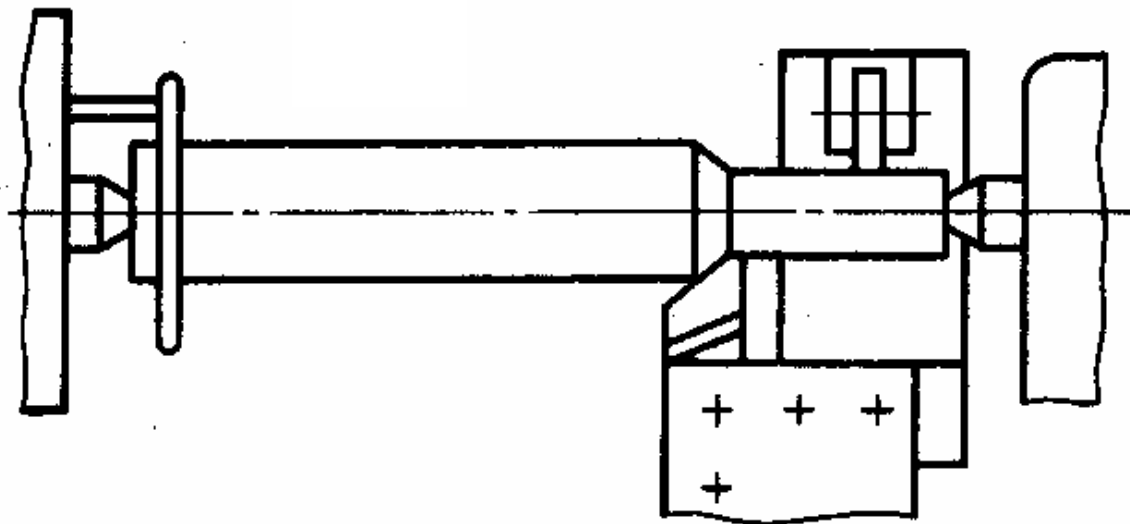


Рис. 1.3. Схема установлення на центрах з використанням рухомого люнета

установлюється на люнет висуваються високі вимоги щодо допустимості відхилень розмірів, форми та розташування відносно інших поверхонь.

При установленні в патронах обробляють заготовки невеликої довжини. Максимальна жорсткість системи забезпечується при фіксації заготовки по зовнішній або внутрішній поверхні обода (вінця), а мінімаль-

на – при кріпленні її за маточину. Установлення в самоцентрувальних патронах проводять без вивірення заготовок з точністю 0,1 мм; в розрізній втулці або незагартованих кулачках – з точністю 0,03 мм; в чотирикулачкових патронах – з вивіренням за зовнішнім діаметром та торцем з точністю 0,05 мм.

Заготовки з отвором при жорстких вимогах до точності розташування баз та їх оброблених поверхонь *установлюють на кінцевих або центрових оправках*. Застосовують циліндричні оправки із зазором (рис. 1.4, а), конічні (рис. 1.4, б), кулачкові (рис. 1.4, в), кулькові (рис. 1.4, г), роликові (рис. 1.4, д), цангові (рис. 1.4, е), з тарілчастими пружинами (рис. 1.4, ж), з гідропластом (рис. 1.4, з), з пружними елементами гофрованого типу (рис. 1.4, и), з натягом (рис. 1.4, к) та інші.

На кулачковій оправці (див. рис. 1.4, в) заготовка фіксується за допомогою кулачків 1, які при установленні оправки на центрах відтискаються в радіальному напрямку пальцями 2. Для закріплення заготовки на кульковій оправці (див. рис. 1.4, г) сепаратор з кульками необхідно змістити уздовж осі ліворуч за схемою. Кульки при цьому заклинюються між втулкою 1 та заготовкою і забезпечують передачу останній обертового моменту. Фіксація заготовки, яка установлюється на роликовій оправці, що самозаклинюється (див. рис. 1.4, д) забезпечується при її повороті на невеличкий кут відносно корпусу 1 в момент початку обробки; ролики 2 при цьому заклинюються між поверхнею отвору та лисками корпусу. На оправці з пружними елементами (див. рис. 1.4, е – и) заготовку установлюють із зазором, після чого деформують пружний елемент, і за рахунок цього усувають зазор.

Застосування оправки з натягом (див. рис. 1.4, к) дозволяє за один установ обробляти циліндричні та торцеві поверхні заготовки і завдяки останньому забезпечувати високу точність їх взаємного розташування. При базуванні на таких оправках часто обробляють заготовки зубчатих коліс перед нарізанням на них зубців. Під час запресування заготовки на оправку необхідно точно витримати розмір *L*. Для полегшення установлення у оправки є напрямна частина зі шпонкою 2. Оправки такого типу застосовують також для закріплення заготовок з гладкими та шліцьовими отворами. Найвищу точність взаємного розташування поверхонь забезпечують оправка з натягом та оправка з пружними елементами.

Заготовки деталей складної форми (важелів, корпусних деталей та інших) при обробці на токарних верстатах *закріплюють на планшайбі*. За результатами перевірки правильності їх установлення при необхідності проводять вивірення положення циліндричних поверхонь, торця та площини рознімання. Для зменшення вібрації заготовки застосовують балансир.

*Установлення на кутнику або в спеціальному пристосуванні* (рис. 1.5) реалізують при необхідності обробки заготовок корпусних деталей, підшипників та в ряді інших випадків. Заготовку при цьому закріплю-

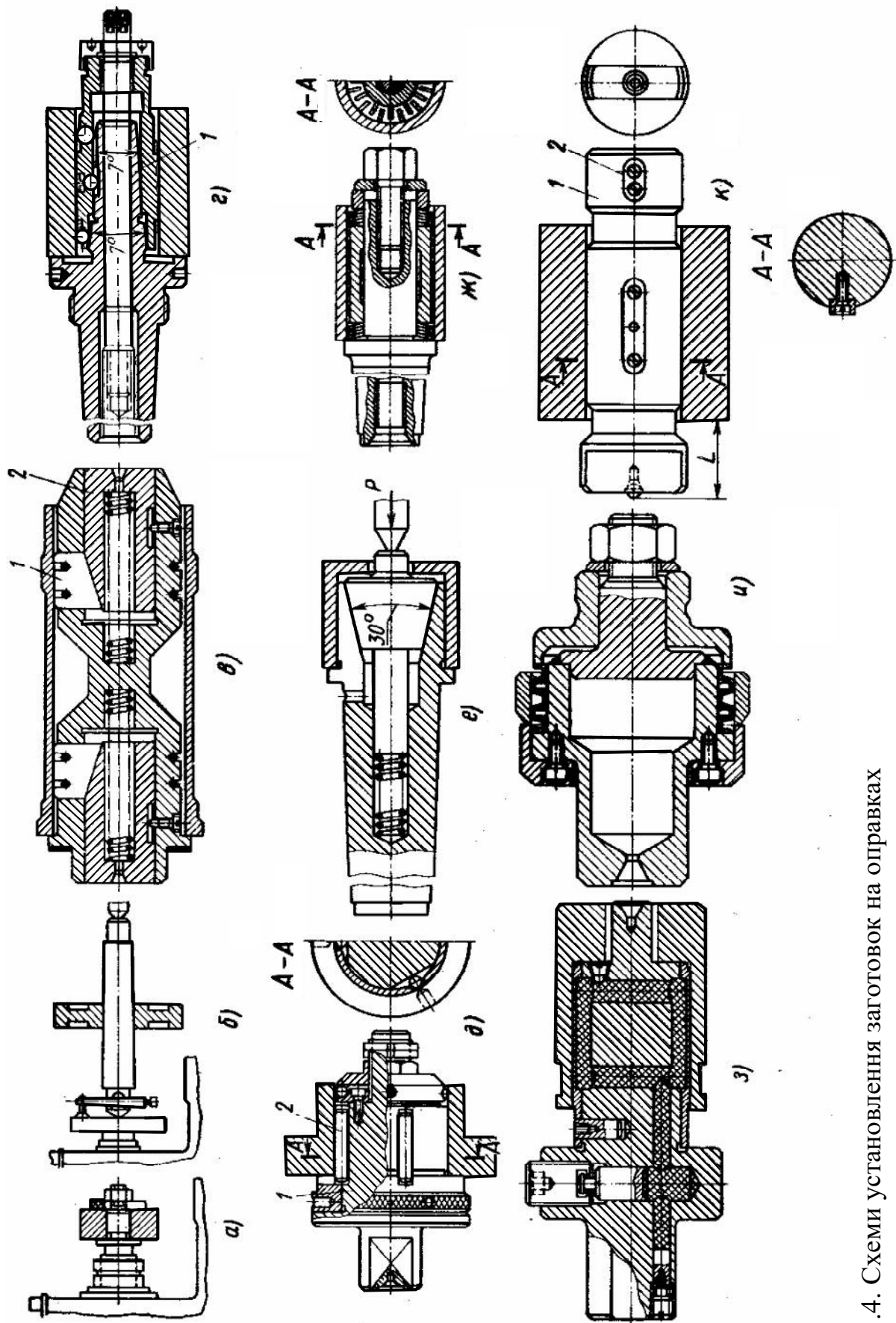


Рис. 1.4. Схеми установлення заготовок на оправках

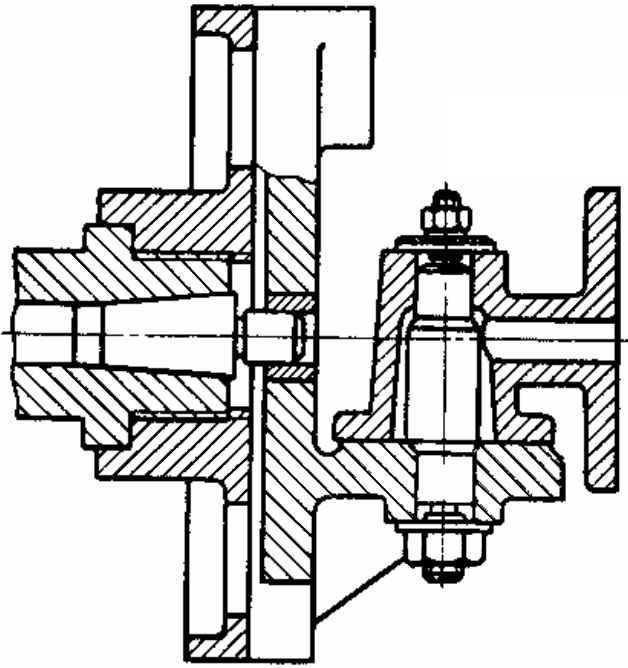


Рис. 1.5. Схема установлення заготовки на кутнику

верстатах з *установленням їх на супорті*, при цьому інструмент закріплюють в шпинделі з додатковою опорою по задній бабці.

Під час вивірення циліндричних заготовок, *установлюваних в три- або чотирикулачкових патронах*, перевіряють биття заготовки (рис. 1.6, а), а також симетричність її установлення відносно горизонтальної та вертикальної площин, що проходять через вісь заготовки. Контрольний інструмент при цьому закріплюють на супорті або на станині верстата. Співвісність шпинделя та заготовки прямокутного поперечного перерізу забезпечують одним з двох способів. При використанні першого способу (рис. 1.6, б) на торець заготовки перед початком обробки наносять розмічальні риски, що знаходяться на відстані **a** і **b** від граней і визначають положення її осі. При установленні заготовки точку перетину рисок необхідно сумістити з віссю обертання шпинделя. Для цього повертають шпиндель у положення, в якому одна з рисок є паралельною до поверхонь напрямних станини та вимірюють за допомогою індикатора відстань між даною рисою та напрямними. Після двох вимірювань (при початковому положенні патрона та після повороту його на  $180^\circ$ ) розраховують необхідне зміщення заготовки для забезпечення збігу риси та осі шпинделя. Шляхом послаблення одного і підтискання протилежного кулачків, що визначають даний збіг, заготовку зміщують у потрібне положення. Аналогічним чином проводять вивірення положення заготовки в іншій площині її установлення.

ють без вивірення (див. рис. 1.5) – точність установлення 0,1 мм, або вивіряють її положення на універсальному кутнику за розміткою або попередньо обробленими поверхнями та площиною рознімання – точність установлення 0,5 мм. Крім цього, на кутниках часто закріплюють заготовки корпусних деталей для обробки в них на верстатах з ЧПК співвісних отворів різного діаметра шляхом зміщення різця по радіусу. На розточувальних верстатах з ЧПК таку операцію виконати складніше.

При відсутності розточувальних верстатів заготовки важких невірноважених корпусних деталей обробляють на токарних

При реалізації другого способу для прискореного установлення точки перетину рисок кернят, заготовку у даній точці підтискають центром, а потім обережно підводять до неї кулачки.

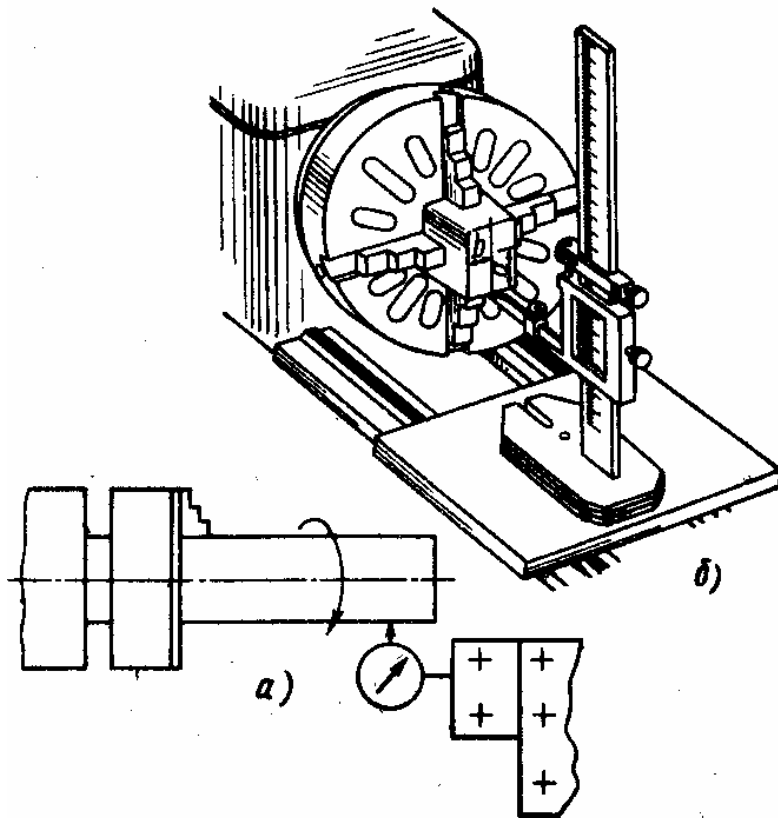


Рис. 1.6. Схеми установлення заготовок в патронах з вивіренням

співвісності пінолі задньої бабки або осьового інструмента перевіряють індикатором, закріпленим на пінолі або на заготовці (рис. 1.7, а).

Симетричність установлення заготовки у вертикальній і горизонтальній площинах оцінюють за величиною зазору між її поверхнею та голкою рейсмуса в різних поперечних перерізах (рис. 1.7, б) або за допомогою індикаторів, що закріплюються на спеціальному пристосуванні (рис. 1.7, в). Показання індикаторів корегують з врахуванням фактичного діаметра заготовки в контрольному перерізі. Заготовки деталей певних типів (роторів турбін, генераторів і т. п.) після вивірення остаточно установлюють з використанням способу, суть якого пояснена схемою, зображеною на рис. 1.7, в. Відхилення від співвісності з контрольним пояском, розточеним на люнеті, визначають шляхом вимірювання зазору між поверхнею даного пояска та поверхнею заготовки в трьох точках.

## 1.2. Хід роботи

1. Ознайомитись з основними способами установлення та вивірення заготовок при обробці на токарних верстатах, а також з послідовністю їх реалізації.

При установленні в патроні та на нерухомому люнеті контролюють биття заготовки біля патрона. Далі з використанням одного з декількох способів перевіряють положення заготовки біля люнета. Наприклад, при наявності на її торці центрального отвору неспіввісність заготовки та шпинделя визначають за величиною кільцевого зазору між поверхнями отвору та підведеного центра в чотирьох точках у горизонтальній та вертикальній площинах (рис. 1.7, г). Значення зазору установлюють за допомогою щупа. Відхилення від

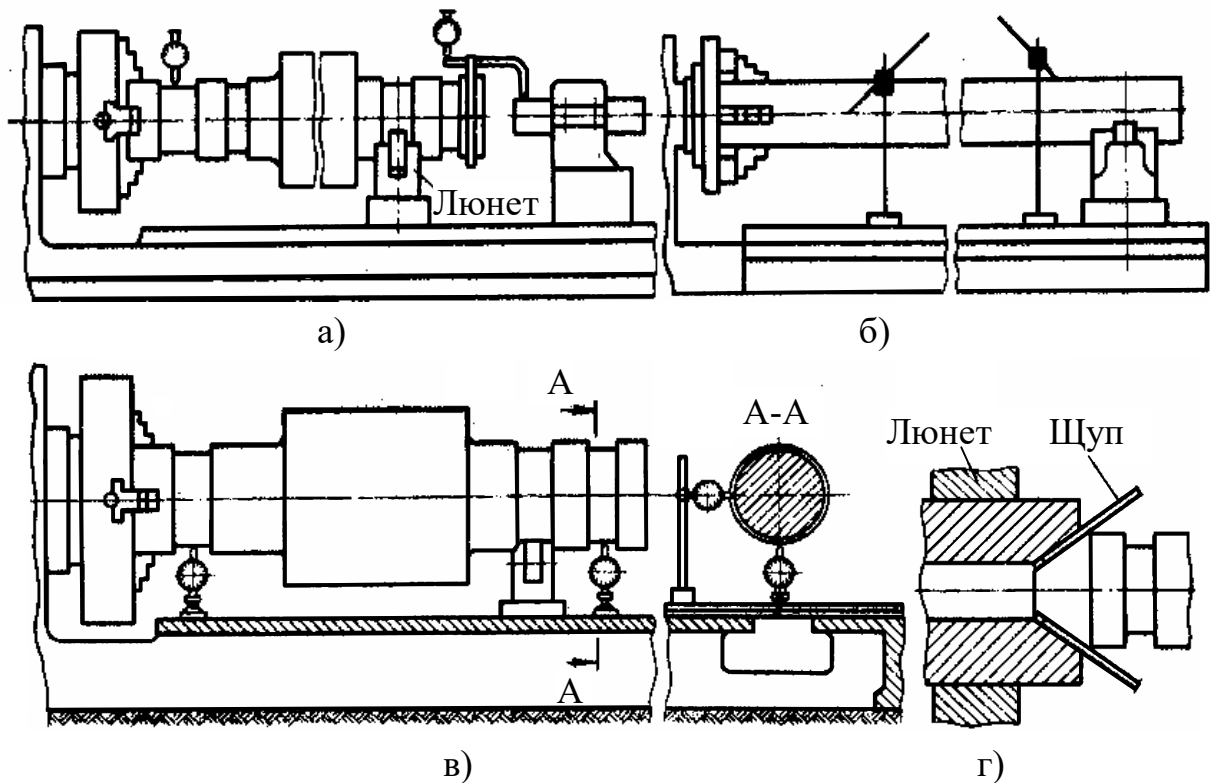


Рис. 1.7. Схеми установлення заготовок в патроні та на нерухомому люнеті з вивірнням

2. Отримати від викладача ескіз заготовки і з врахуванням її форми, розмірів та розташування оброблюваних поверхонь визначити найраціональніший спосіб її установлення та вивірнення.

3. Установити заготовку багатоступінчастого вала в патроні токарно-гвинторізного верстата моделі 1А616, а магнітний стояк з індикатором годинникового типу – на його станині. При цьому вимірювальний штифт індикатора повинен торкатись и бути перпендикулярним одній з твірних заготовки. Увімкнути обертання шпинделя верстата і за шкалою індикатора визначити радіальне биття заготовки. Перевірку провести у перерізі біля патрона і на відстані 300 мм від нього.

4. Установити заготовку одноступінчастого вала, що має центровий отвір на вільному торці у патроні токарно-гвинторізного верстата. Закріпити індикатор годинникового типу на магнітному стояку, установленому на супорті верстата і підвести вимірювальний штифт індикатора впритул до верхньої твірної заготовки із забезпеченням їх перпендикулярності. Сумістити нуль шкали індикатора зі стрілкою і декілька разів на одну і ту ж саму величину змістити супорт, визначаючи за індикатором в контрольних перерізах відхилення від співвісності заготовки та патрона у вертикальній площині. Останню перевірку за описаною вище методикою виконати біля вільного торця заготовки. Повторити контроль відхилення від співвісності у горизонтальній площині.

5. Установити в патроні токарно-гвинторізного верстата заготовку, що описана у попередньому пункті. Затиснути в перерізі біля верхньої

твірної поверхні центрального отвору заготовки між даною поверхнею та кінцевим ступенем заднього центра верстата щуп. Без зміщення задньої бабки вийняти щуп із зазору та перевірити величину останнього в перерізах біля нижньої, правої та лівої твірних поверхонь центрального отвору заготовки. За отриманими результатами визначити неспіввісність заготовки та патрона верстата.

### 1.3. Зміст звіту

Навести схему установлення заготовки деталі, ескіз якої був виданий викладачем. Подати описи та результати перевірки радіального биття, а також неспіввісності заготовки та патрона токарно-гвинторізного верстата.

### 1.4. Контрольні запитання

1. Яким є технологічне призначення токарних верстатів?
2. В яких випадках заготовки при обробці на токарних верстатах установлюють на центрах?
3. Що собою являють суцільні упорні, обертові, грибкові, рифлені, зворотні, сферичні центри токарних верстатів та плаваючі центри, для чого вони служать?
4. При обробці яких заготовок на токарних верстатах застосовують пробки та хрестовини?
5. В яких випадках заготовки при обробці на токарних верстатах установлюють в патроні, в патроні і на задньому центрі, в патроні і на нерухомому люнеті, в патроні і на рухомому люнеті, на кінцевих або центрових оправках, на планшайбі, кутнику або супорті верстата?
6. Як проводиться вивірення положення заготовки, що установлюється в три- або чотирикулачковому патроні токарного верстата?
7. Які способи застосовують при вивірненні положення заготовки на токарному верстаті, що установлена в патроні та на нерухомому люнеті?



## Лабораторна робота №2

### Схеми виконання основних токарних операцій

**Мета роботи:** вивчити схеми налагодження при виконанні основних токарних операцій, одержати практичні навички з вибору необхідних інструментів та пристосувань, а також з виконання окремих налагоджувальних робіт при обробці на токарних верстатах.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** токарно-гвинторізний верстат моделі 1А616, заготовки деталей типу „вал” та „втулка”, токарні різці, свердла, зенкери, розвертки, мірні пластини.

#### 2.1. Теоретичні відомості

*Обточування одним різцем* – основний метод обробки на токарних верстатах. Виліт різця приймають не більшим 1,0 – 1,5 висоти його стержня (нижня межа для різців, оснащених пластинками з твердого сплаву, верхня – для різців з швидкорізальної сталі). Вершину різця установлюють на висоті центрів, дещо вище лінії центрів (при чорновому обточуванні) або нижче неї (при чистовому обточуванні). Якщо радіус оброблюваної заготовки  $R > 50$  мм, зсув здійснюють на величину  $h \leq 0,01 \cdot R$ . При чистовій обробці таке установлення забезпечує запобігання від можливого браку внаслідок деформації різця. Положення вершини різця відносно центра перевіряють за рисою, нанесеною на пінолі задньої бабки, або за спеціальними шаблонами. Налагодження інструмента на обробку із дотриманням заданих діаметральних розмірів, як правило, здійснюють із застосуванням методу спробних проходів та промірів. Партію заготовок найчастіше обробляють за методом автоматичного отримання розмірів за допомогою індикаторних і жорстких упорів.

При обробці заготовок східчастих валів використовують поворотні багатопозиційні упори та мірні плити (рис. 2.1, а). Обробку із дотриманням заданих лінійних розмірів виконують за лімбом маховика супорта, за попередньо розміченими рисками або за упорами (рис. 2.1, б). Обточу-

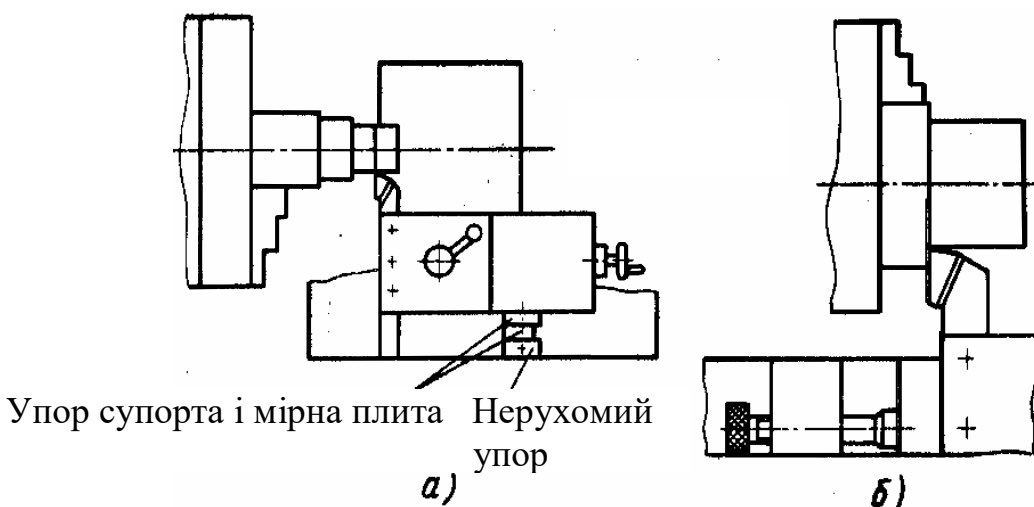


Рис. 2.1. Схеми обробки заготовок з використанням упорів

вання з використанням багаторізцевих наладок [1] дозволяє скоротити час обробки партії деталей.

*Обробка торців одним різцем.* Обробку заготовок, закріплених в патроні, здійснюють за допомогою прохідних різців. Однак використання їх при знятті великих припусків з подачею до центра призводить до утворення на оброблюваній поверхні заготовки випуклості. Тому чистове підрізання торців ведуть з подачею різця від центра до периферії. З такою ж самою подачею обробляють торці заготовок великих діаметрів, оскільки в результаті зношування різця утворюється менш шкідливе з точки зору забезпечення точності складання деталей відхилення – угнутість.

*Обробка отворів осьовим різальним інструментом.* Інструмент (свердло, зенкер, розвертку) закріплюють в задній бабці або на супорті. Обробку спіральним свердлом проводять при  $l/d < 10$ . Інструментом для глибокого свердління (рис. 2.2) обробляють отвори з відношенням  $l/d > 10$ . Отвори значної довжини для зменшення вібрацій та підвищення точності обробляють зі зворотною подачею (оправка працює на розтягування).

*Обробка отворів розточувальним різальним інструментом.* Отвори з  $d < 70$  мм і  $l < 150$  мм при  $l/d < 5$  обробляють різцем, закріпленим в супорті (рис. 2.3, а); при  $d > 70$  мм,  $l > 150$  мм і  $l/d < 5$  – різцем на розточувальній оправці (рис. 2.3, б); при  $l/d > 5$  – з використанням додаткової опори, установлені у шпинделі верстата (рис. 2.3, в); при  $l/d > 10$  – за допомогою розточувальних головок з напрямними колодками (рис. 2.3, г).

*Обробка отворів абразивним інструментом.* При використанні спеціальних пристосувань на токарних верстатах можна проводити внутрішнє шліфування (рис. 2.4), суперфінішування та хонінгування отворів.

*Прорізання канавок та відрізання.* Обробка одним різцем – основний метод прорізання простих канавок та відрізання. Різці установлюють таким чином, щоб їх вершини знаходились на одній висоті з осями центрів, без перекосу відносно осі заготовки. Вузькі канавки (шириною до 20 мм) неви-

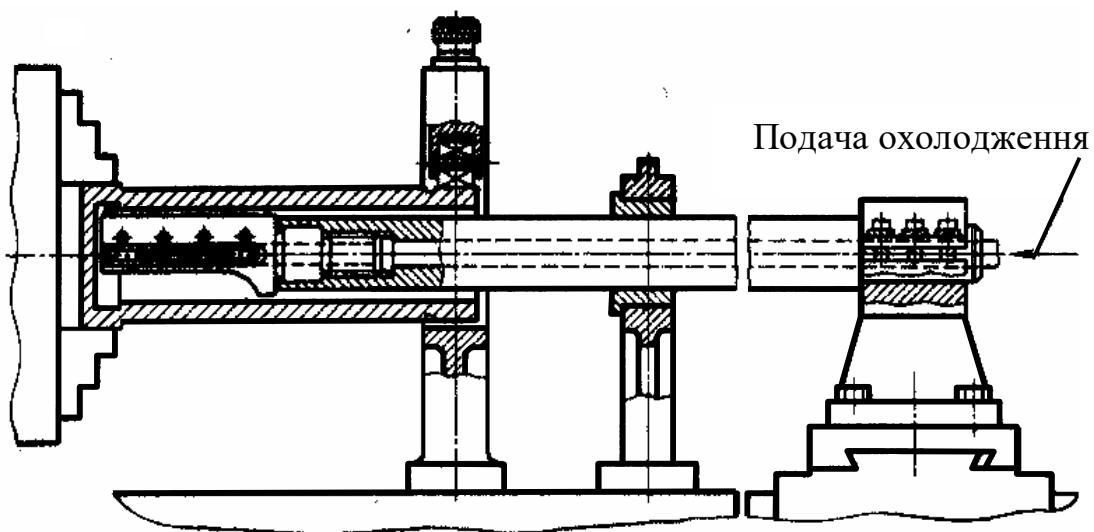


Рис. 2.2. Схема обробки глибокого отвору

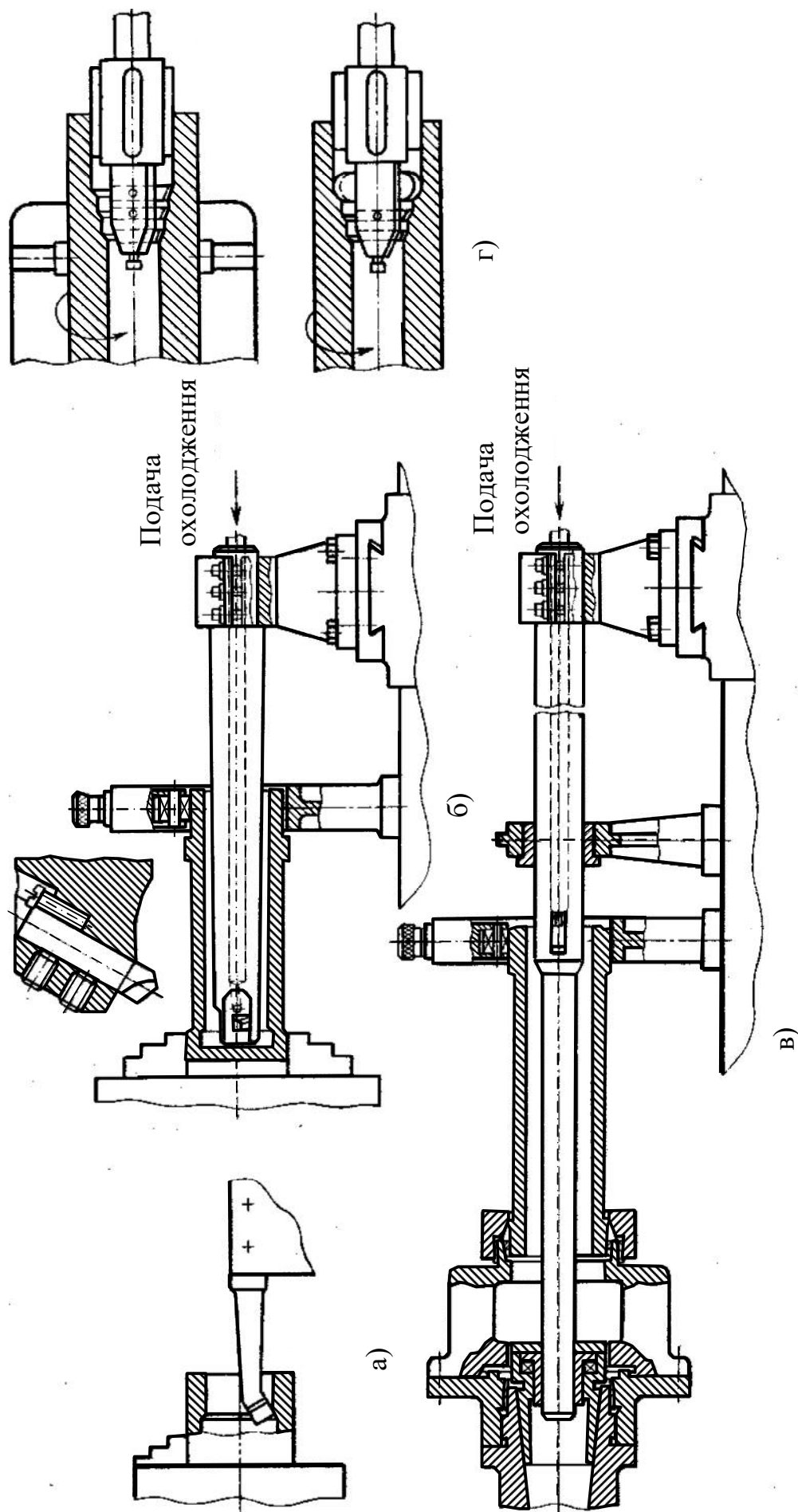


Рис. 2.3. Схеми обробки отворів розточувальним інструментом

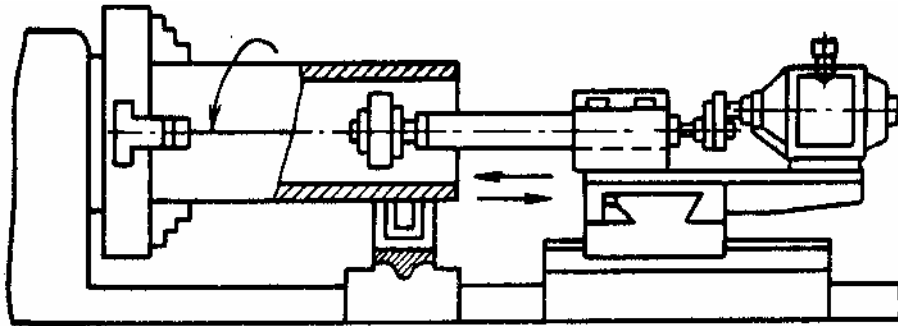


Рис. 2.4. Схема обробки отвору абразивним інструментом

сокої точності прорізають за один робочий хід, більш точні – за три робочі ходи. Широкі канавки низької точності виконують за декілька робочих ходів. Для досягнення високої точності розмірів канавок після чорнової здійснюють чистову обробку їх бокових стінок. Невідповідальні фасонні канавки прорізають за один робочий хід. При необхідності підвищення точності їх обробку останню ведуть спочатку прорізним різцем, а вже потім фасонним. Прямим різцем відрізають тонкостінні деталі, відігнутим – товстостінні втулки та вали. При використанні спеціальних наладок (рис. 2.5) можна за один прохід відрізати декілька деталей або прорізати на заготовці одночасно зовнішню та внутрішню канавки.

*Обробка конічних поверхонь.* Короткі зовнішні та внутрішні конуси звичайно обробляють фасонним різцем. Обточування їх можна вести як з повздовжньою, так і з поперечною подачами. При високих вимогах до точності обробки інструмент установлюють за шаблоном з врахуванням деформацій системи ВПД.

Внутрішні конуси (центрувальні фаски) при  $d < 1000$  мм, а також конічні отвори обробляють спеціальними зенківками, зенкерами та роз-

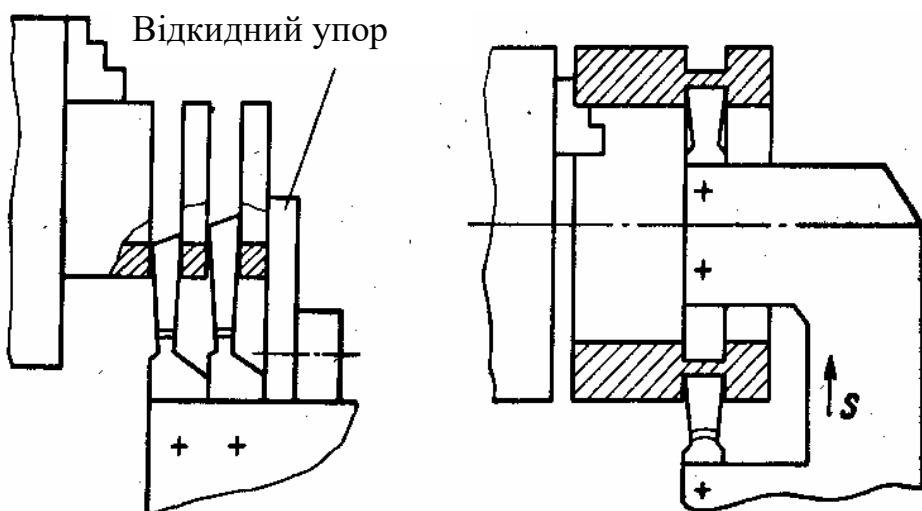


Рис. 2.5. Схеми одночасного відрізання двох заготовок та прорізання зовнішньої та внутрішньої канавок з використанням багатоінструментальних наладок

вертками. Стандартизовані конічні отвори (наприклад, в насадних інструментах) після свердління обробляють комплектом розверток (діаметр свердла вибирають на 0,5 – 1,0 мм меншим номінального діаметра першої розвертки). Обточування конусів звичайними різцями, установленими на повернутих верхніх полозках супорта здійснюють тільки в тих випадках, коли довжина оброблюваної поверхні не перевищує максимальної величини ходу полозків.

За допомогою методу зміщення задньої бабки обробляють пологі зовнішні конуси невисокої точності. Метод простий, оскільки для його реалізації не потрібно застосовувати спеціальне оснащення. При обробці відбувається зминання центрових отворів заготовки, у зв'язку з чим для точнішого та надійнішого установлення останньої краще застосовувати сферичні центри. Під час зміщення задньої бабки (звичайно на величину, що не перевищує 0,01 довжини конічної поверхні заготовки) відлік його проводять за шкалою, яка закріплена на корпусі бабки, за індикатором або за лімбом супорта (при контролі за допомогою щупа і бруска, закріпленого на супорті).

За конусною лінійкою обробляють конуси з кутом нахилу твірних до 12°. Реалізація методу забезпечує вищу у порівнянні з попередніми методами точність. Обробка за копиром з використанням електричних або гідравлічних пристроїв у порівнянні з обробкою за конусною лінійкою дозволяє одержати вищу точність при меншому зносі копіра. У випадках обточування конусів із застосуванням гітари поперечної подачі різець зміщується одночасно як в повздовжньому, так і в поперечному напрямках. Метод отримання конусів при одночасній осьовій та радіальній подачах широко застосовують також при обробці на верстатах з ЧПК.

*Обробка фасонних поверхонь.* Фасонними різцями обробляють поверхні довжиною до 60 мм (на великих верстатах – довжиною до 150 мм), а також перехідні поверхні радіусом до 20 мм. Чорнову обробку для підвищення продуктивності виконують звичайними прорізними різцями. Крім цього, фасонні поверхні можна обробити і за допомогою поворотних пристосувань, при використанні яких вершина інструмента повертається на кут  $\alpha$  по дузі кола радіусом  $R$  (рис. 2.6, а, б, в). Таким методом можуть оброблятися сферичні зовнішні (див. рис. 2.6, а) та внутрішні (див. рис. 2.6, б) поверхні, а також бочкоподібні профілі (див. рис. 2.6, в) заготовок. Звичайно рух подачі реалізується за допомогою черв'ячної пари (рис. 2.6, г).

Сферичні поверхні заготовок середніх розмірів обробляють з використанням важільних пристосувань різних конструкцій. Наприклад, одна опора важеля може бути пов'язаною зі станиною, а інша – із супортом (рис. 2.7). При вмиканні поперечної подачі супорта різець починає переміщуватись по ділянці кола радіусом  $R$ , обробляючи сферичну поверхню.

При обробці за копиром застосовують пристосування прямої дії (сила різання діє безпосередньо на копір, пружні деформації і знос якого є порів-

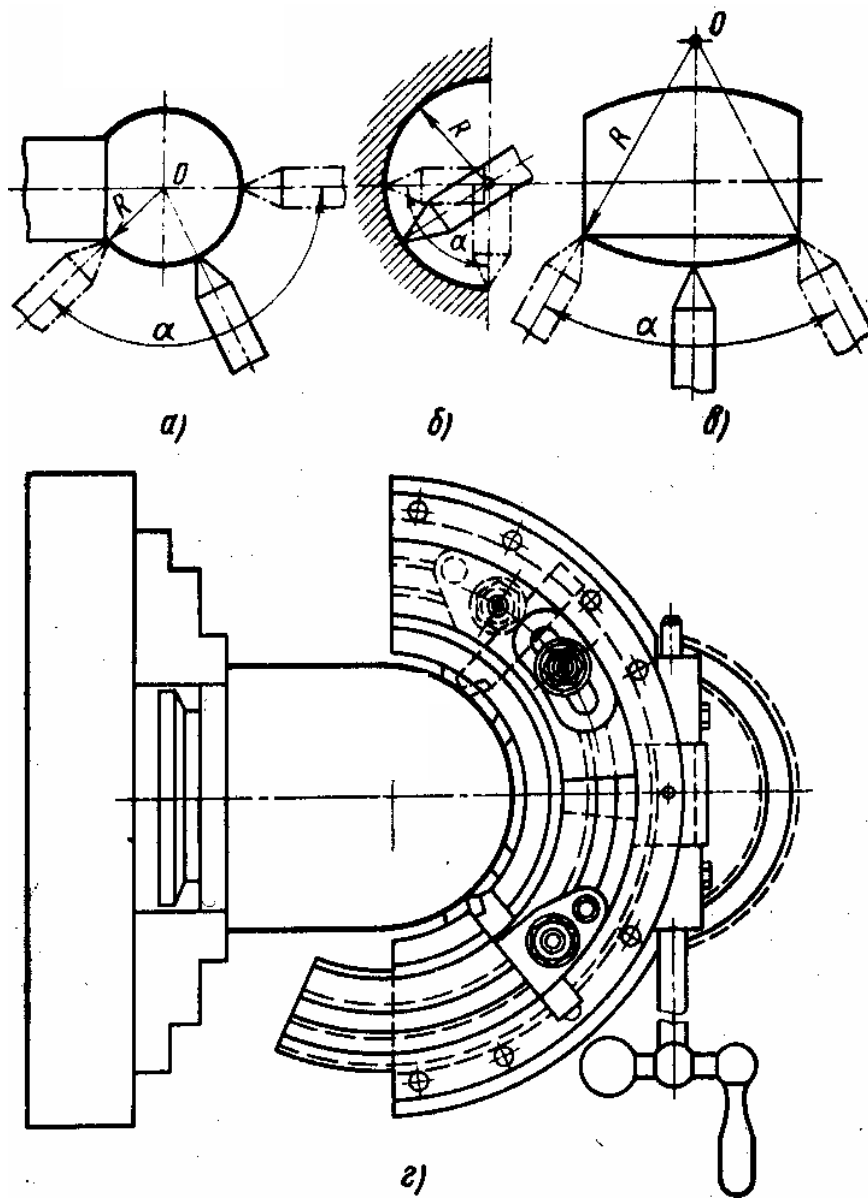


Рис. 2.6. Схеми обробки фасонних поверхонь заготовок

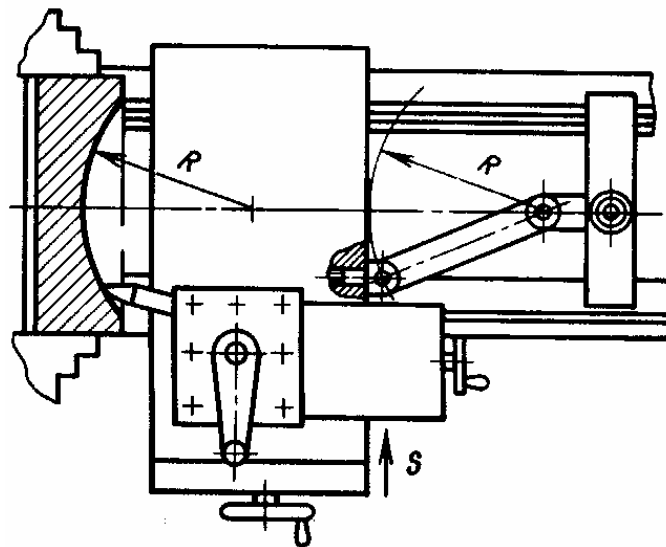


Рис 2.7. Схема обробки сферичної поверхні заготовки

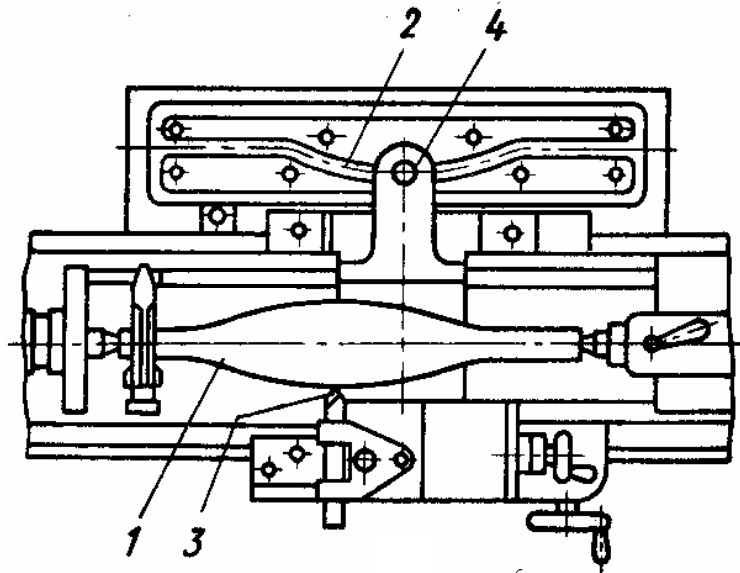


Рис. 2.8. Схема обробки фасонної поверхні заготовки за копиром: 1 – заготовка; 2 - копір; 3 - різець; 4 - шуп

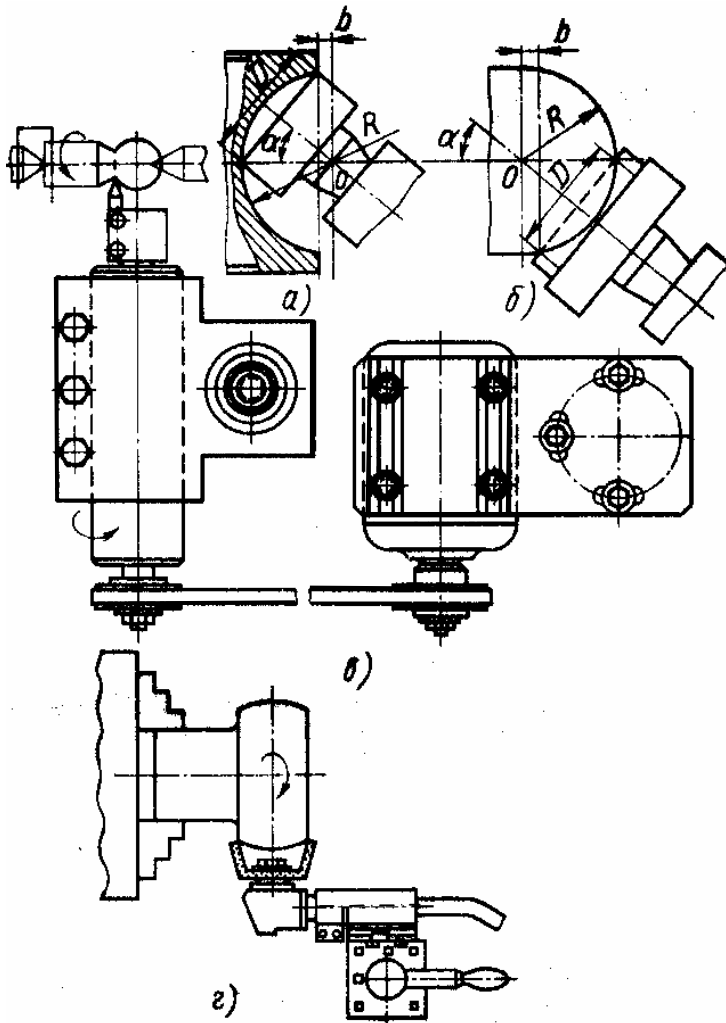


Рис. 2.9. Схеми обробки сферичних поверхонь заготовок чашковими інструментами

няно великими, при відносно низькій точності обробки), а також пристосування з підсилювальним елементом. Копір пристосувань прямої дії закріплюють на станині паралельно заготовці (рис. 2.8).

За допомогою гідропорта можна обробити поверхні, діаметри яких збільшуються або зменшуються по довжині на величину, що не перевищує  $D - d < 1$  ( $l$  – довжина оброблюваної ділянки). Застосування гідропорта забезпечує підвищення продуктивності в 1,5 – 2 рази.

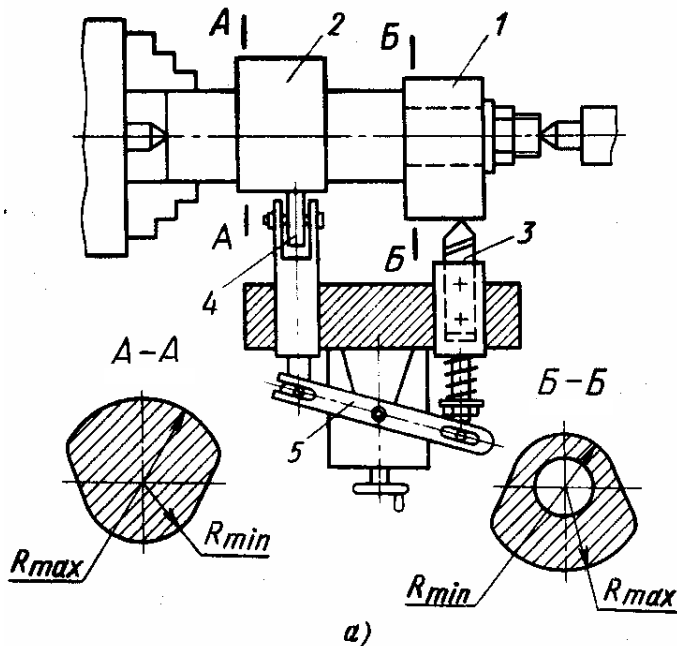
Спеціальними чашковими інструментами обробляють сферичні внутрішні (рис. 2.9, а) та зовнішні (рис. 2.9, б – г) поверхні радіусом  $R$ . При цьому шпиндель з інструментом установлюють під кутом  $\alpha$ :

$$\sin \alpha = \frac{D}{2R}; D = \sqrt{2R(R - b)},$$

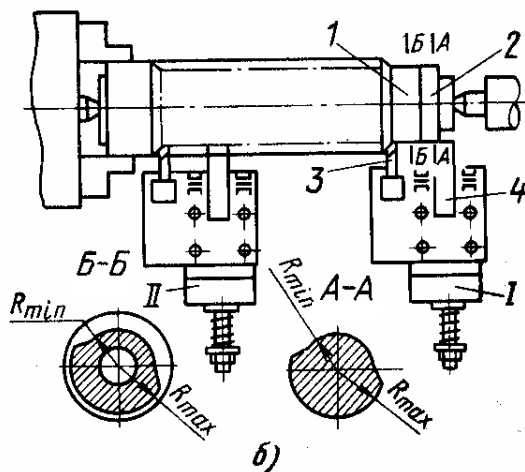
де  $D$  – діаметр чашкового інструмента;

$b$  – відстань між його вершиною та центром сфери. Обертання інструмента під час обробки забезпечується від індивідуального привода.

Обробка кулачків та криволінійних канавок. За копіром, установленим співвісно із заготовкою, обробляють кулачки невеликої довжини. Важільне пристосування (рис. 2.10, а) застосовують при підйомі профілю  $R_{\max} - R_{\min} \leq 0,5 \cdot R_{\min}$ , але не більшому 150 мм. Аналогічно обробляють спіральні канавки.



При виготовленні кулачка за копіром останній кріплять до торця заготовки (рис. 2.10, б). За копіром обробляють лише невелику за довжиною початкову ділянку, а далі ролик обкочується по обробленій поверхні. Даний метод застосовують для виготовлення кулачків з підйомом профілю  $R_{\max} - R_{\min} < 0,2 \cdot R_{\min}$ , але не більшому 100 мм. Точність обробки є відносно низькою.



Обробка ексцентричних поверхонь. При ексцентриситеті більшому 8 – 10 мм у валах з ексцентриками за розміткою або за допомогою кондуктора свердлять зміщені центрові отвори (рис. 2.11, а). Заготовки з отворами установлюють на оправках (рис. 2.11, б). При великому ексцентриситеті застосовують бугелі: при  $D = 45 \div 860$  мм – суцільні (рис. 2.11, в), а при  $D = 55 \div 250$  мм – роз'ємні (рис. 2.11, г). У випадку закріплення заготовок на консольних оправках їх обробку виконують без вивірвання. Точність обробки залежить від похибки базування заготовки на оправці (рис. 2.11, д).

Рис. 2.10. Схеми обробки кулачків за копіром: 1- заготовка; 2 - копір; 3 – різець; 4 – щуп (ролик); 5 – важіль; положення: I - на початку обробки; II – наприкінці обробки



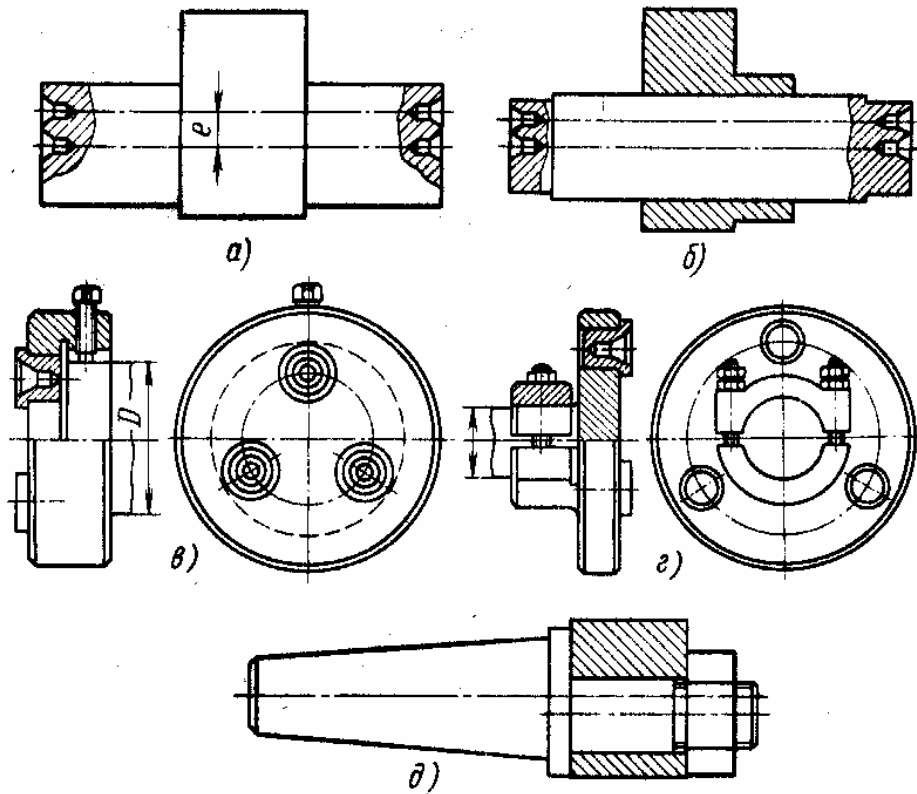


Рис. 2.11. Схеми обробки ексцентричних поверхонь заготовок

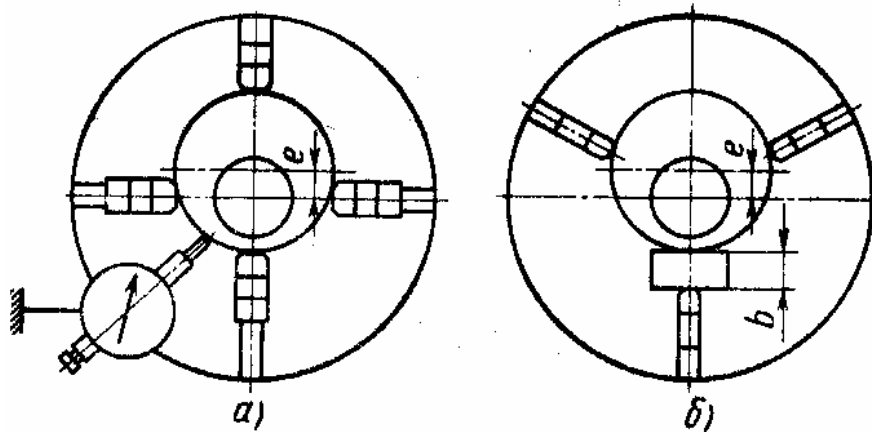


Рис. 2.12. Схеми установлення заготовки зі зсувом в чотири- (а) та трикулачковому (б) патроні при обробці її ексцентричної поверхні

Положення зміщеної заготовки при використанні чотирикулачкового патрона (рис. 2.12, а) контролюють з точністю 0,05 мм (за чисто обробленою поверхнею). При закріпленні оброблюваної заготовки в трикулачковому патроні (рис. 2.12, б) товщина мірної пластини, що установлюється між нею та одним з кулачків має складати  $b = 1,5 \cdot e \cdot [1 + e/(2 \cdot D)]$ , де  $D$  – діаметр бази;  $e$  – ексцентриситет.

Крім цього, для обробки ексцентричних поверхонь заготовок останні закріплюють у спеціальних кільцях (рис. 2.13). При установленні кілець

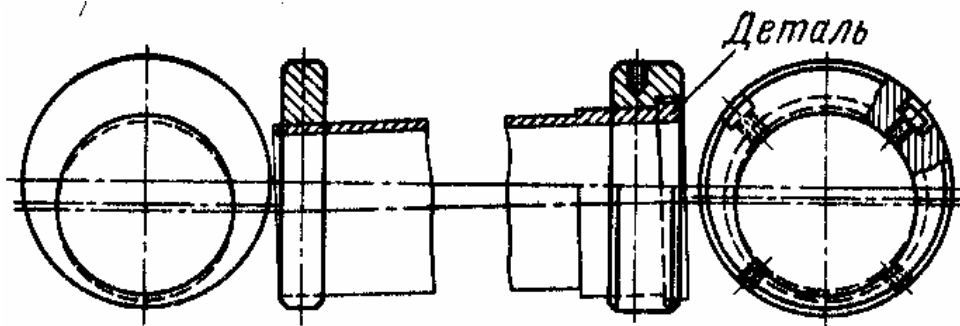


Рис. 2.13. Схема обробки ексцентричної поверхні при установленні заготовки в спеціальних кільцях

необхідно забезпечити їх правильне відповідне розташування (звичайно вивірення проводять за рисками, нанесеними на торцях кілець та твірній заготовки). Далі одне з кілець закріплюють в патроні, а інше – на люнеті.

## 2.2. Хід роботи

1. Вивчити схеми виконання основних токарних операцій.
2. Установити в патроні токарно-гвинторізного верстата заготовку деталі типу „вал”. З врахуванням виду обробки заданої циліндричної поверхні (чорнова або чистова), який вказує викладач, а також матеріалу робочої частини інструмента, провести налаштування положення останнього.
3. Налаштувати вихідне положення різця для здійснення чорнової та чистової обробки торцевої поверхні заготовки.
4. За вказаним викладачем номером варіанта виписати з табл. 2.1 вихідні дані для розрахунку необхідної товщини мірної пластини **b** при обробці ексцентричної поверхні заготовки із закріпленням її в трикулачковому патроні токарно-гвинторізного верстата.
5. За одержаним значенням **b** вибрати потрібну мірну пластину і установити її між заготовкою та кулачком патрона для обробки заданої ексцентричної поверхні.
6. Отримати від викладача ескіз заготовки, вибрати різальний інструмент та пристосування для обробки її заданих поверхонь, а також розробити схему налагодження.

## 2.3. Зміст звіту

Навести описи виконаних налагоджувальних робіт, розрахунок товщини мірної пластини **b** та схему налагодження для виконання заданої операції механічної обробки.

## 2.4. Контрольні запитання

1. Як слід установлювати відносно лінії центрів токарного верстата вершину різця для здійснення чорнового та чистового обточування цилінд-

Таблиця 2.1

Вихідні дані для розрахунку необхідної товщини мірної пластини при обробці ексцентричної поверхні заготовки

Варіант	Діаметр бази $D$ , мм	Ексцентриситет $e$ , мм
1	20	2
2	26	4
3	30	4
4	32	6
5	34	8
6	36	10
7	40	8
8	42	12
9	46	10
10	48	16
11	54	18
12	58	18
13	62	20
14	70	24
15	74	20
16	24	10
17	36	12
18	42	18
19	44	14
20	58	24
21	60	26
22	28	4
23	34	14
24	36	16
25	26	12

ричних поверхонь заготовки? Як впливає на вибір оптимального положення інструмента марка матеріалу його робочої частини?

2. Як установлюють інструмент при необхідності токарної обробки торцевих поверхонь заготовок?

3. Що потрібно враховувати при виборі інструмента для токарної обробки отвору? Які інструменти можуть при цьому використовуватись?

4. Що собою являють пристосування для токарної обробки отворів абразивним інструментом?

5. Із застосуванням яких інструментів та схем обробки може здійснюватись прорізання на токарних верстатах канавок? Як підвищити продуктивність прорізання або відрізання оброблених заготовок?

6. З використанням яких методів, інструментів та пристосувань може виконуватись токарна обробка конічних, фасонних, сферичних та ексцентричних поверхонь?

## Лабораторна робота №3

### Обробка на токарно-карусельних верстатах

**Мета роботи:** вивчити схеми налагодження при обробці зовнішніх циліндричних, конічних, фасонних та торцевих поверхонь заготовок на токарно-карусельних верстатах, підрізання на них уступів, прорізання канавок, відрізання та вирізання, обробки тонкостінних заготовок, теоретично та практично освоїти схеми установаження та закріплення на токарно-карусельних верстатах заготовок різних форм та розмірів, пристосування які при цьому використовуються.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** контрольна плита, упорні планки, підкладки, прихоплювачі, кріпильні елементи, заготовка деталі типу „корпус”.

### 3.1. Теоретичні відомості

#### 3.1.1. Призначення токарно-карусельних верстатів

На універсальних токарно-карусельних верстатах обробляють заготовки різних конфігурацій діаметром до 10000 мм (на верстатах спеціального призначення – до 20000 мм), при співвідношенні  $L/D \leq 1$ .

Основними типами токарно-карусельних верстатів, що експлуатуються на вітчизняних підприємствах є одностоякові (моделей 1508, 1510, 1512, 1516 та інші), які оснащуються одним вертикальним супортом з п'ятипозиційною револьверною голівкою та боковим супортом з чотирирізцевим поворотним різцетримачем, а також двостоякові (моделей 1520, 1525, 1532, 1540, 1550 та інші) з двома вертикальними та одним боковим супортами.

Обладнання даного типу з пристроями цифрової індикації (виконання Ф1) або без них дозволяє здійснювати обточування та розточування циліндричних, конічних, фасонних та торцевих поверхонь заготовок, підрізання їх уступів, прорізання кільцевих канавок та відрізання, свердління та розсвердлювання, зенкерування та розвертування отворів.

Застосовуючи спеціальні пристосування, на розглянутих верстатах можна виконувати і такі операції, як нарізання різьби, фрезерування, розточування глибоких отворів, шліфування, суперфінішування, обкатування роликками та притирання.

При чистовій обробці на карусельних верстатах досягається точність, що відповідає 7 – 8-му квалітетам та параметр шорсткості поверхонь  $Ra = 3,2 \div 6,3$  мкм за ГОСТ 2789-73.

Застосування токарно-карусельних верстатів з ЧПК дозволяє автоматизувати процес обробки і в 2 – 2,5 рази підвищити продуктивність праці. Дане обладнання (моделей 1512Ф3, 1516Ф3, 1525Ф3, 1А525МФ3, 1532Ф3, 1А532ПМФ3) оснащене контурними системами керування і призначене для обробки циліндричних, торцевих, конічних та криволінійних поверхонь.

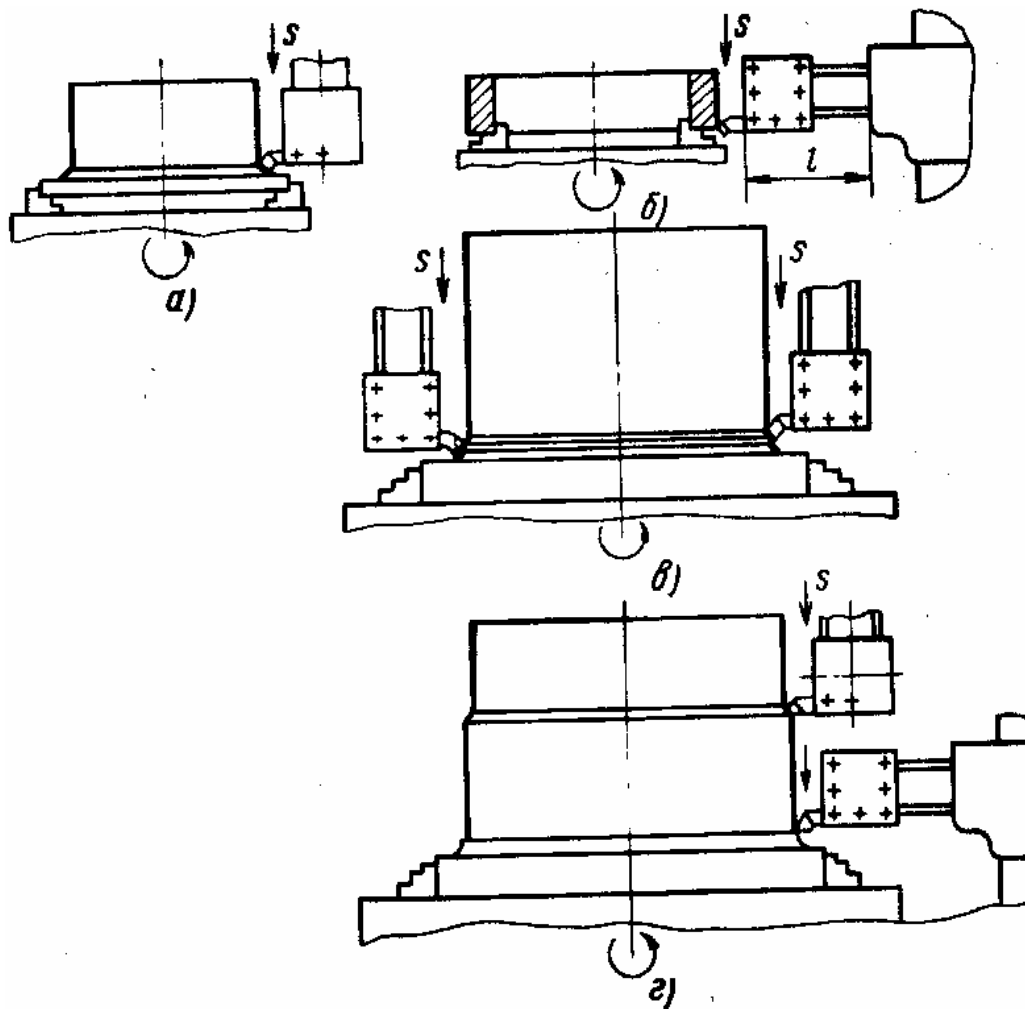


Рис. 3.1. Схеми обточування циліндричних поверхонь

Двокоординатні одностоякові верстати (моделей 1512Ф3 і 1516Ф3) оснащені п'ятипозиційною револьверною головою, що забезпечує автоматичну зміну інструмента в процесі обробки.

Чотирикоординатні двостоякові верстати (моделей 1525Ф3 і 1532Ф3) мають по два вертикальні супорти, керування кожного з яких може здійснюватись одночасно за двома координатами: лівого – за **X** та **Z**; правого – за **B** та **W**. Система ЧПК допускає як послідовну, так і паралельну роботу супортів. Верстати моделей 1A525МФ3 та 1A532ПМФ3 оснащені інструментальними магазинами для автоматичної зміни інструмента та забезпечують можливість одночасної роботи обох супортів.

При обробці заготовок діаметром до 2000 мм верстати з ЧПК забезпечують точність, що відповідає 8 – 9-му квалітету, а при діаметрі заготовки понад 2000 мм – 6 – 7-му квалітету.

### 3.1.2. Схеми обробки елементарних поверхонь

*Зовнішні циліндричні поверхні* (рис. 3.1) обточують за допомогою вертикального (рис. 3.1, а) або бокового супорта (рис. 3.1, б). Перевага в

більшості випадків віддається першому способу. Другий спосіб застосовують тільки при порівняно невеликому вильоті I повзуна бокового супорта. Проте вищу точність при обробці відносно довгих заготовок забезпечує саме боковий супорт, що обумовлюється постійністю величини відтискання інструмента при його роботі. Чорнову обробку двома і більшим числом різців з розділенням припуску за товщиною (рис. 3.1, в) застосовують при значних глибинах різання, а чорнову та напівчистову обробку з розділенням припуску за довжиною (рис. 3.1, г) – при обточуванні довгих ступенів або східчастих поверхонь.

*Торцеві поверхні* (рис. 3.2) обробляють як вертикальним (рис. 3.2, а), так і боковим (рис. 3.2, б) супортом. При закріпленні інструмента у вертикальному супорті можливе підрізання торців максимально допустимих для обробки на даному верстаті діаметрів з подачею в напрямку від периферії до центра. Подачу від центра застосовують при обробці боковим супортом закритих зовні або нешироких торцевих поверхонь, розміри яких не виходять за межі його робочої зони. Точність обробки знижується зі збільшенням вильоту I. Підрізання декількома різцями з розділенням припуску по ширині зі збільшеною подачею здійснюється при чорновій та напівчистовій обробці кільцеподібних торцевих поверхонь значних діаметрів (рис. 3.2, в). Різці закріплюють зі зміщенням один відносно одного. Підрізання декількома різцями з розділенням припуску по товщині виконують при чорновій обробці торцевих поверхонь і значній глибині різання (рис. 3.2, г). Невеликі кільцеподібні торцеві поверхні шириною до 50 мм підрізують інструментом, оснащеним спеціальними пластинами або торцевими зенкерами при осьовій подачі.

*Уступи* шириною до 20 мм можна обробити різцем з  $\phi = 90^\circ$  при вертикальній подачі (рис. 3.3, а). Шлях різання визначається припуском  $h$

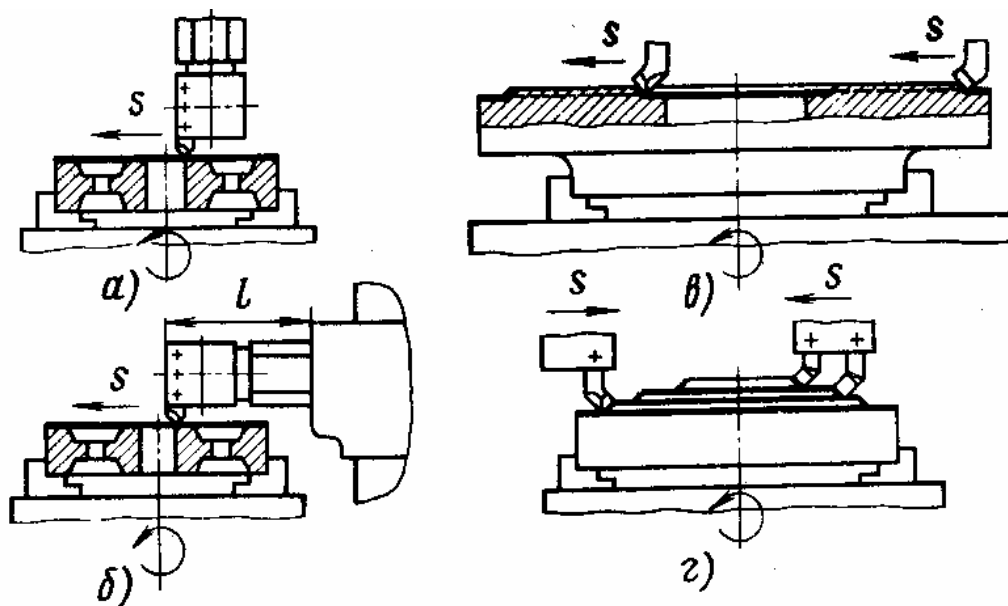


Рис. 3.2. Схеми обробки торцевих поверхонь

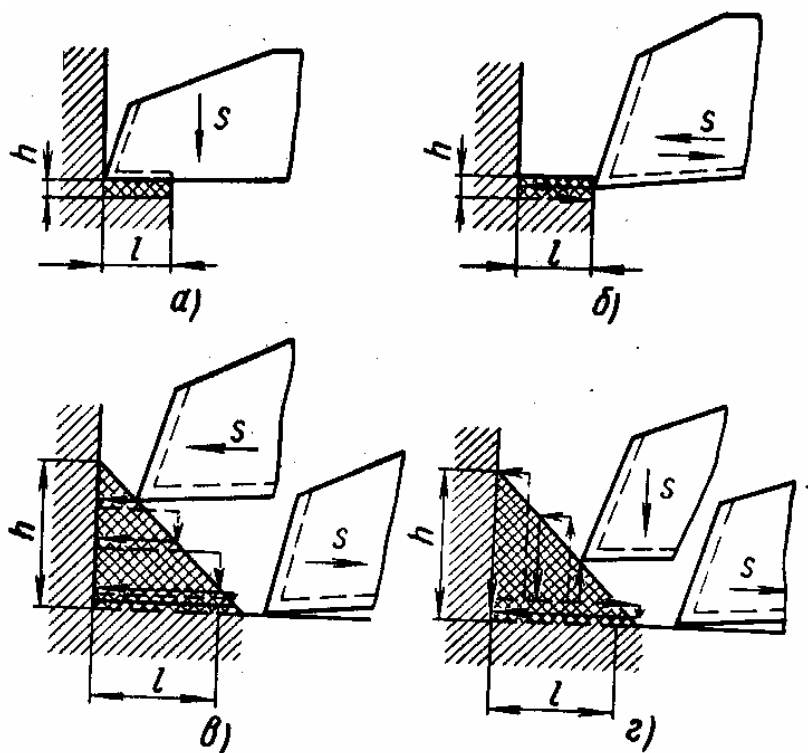


Рис 3.3. Схеми підрізання уступів

на обробку. Витрати часу є мінімальними. Проте в процесі обробки можливе виникнення вібрацій, що негативно позначається на її точності. При підрізанні уступу з горизонтальною подачею інструмента (рис. 3.3, б) шлях різання дорівнює ширині уступу  $l$  і трудомісткість обробки відповідно зростає, але інтенсивність вібрацій зменшується, завдяки чому забезпечується вища точність. Обробку уступів великої ширини і висоти

здійснюють за декілька робочих ходів інструмента при послідовній вертикальній та горизонтальній його подачі (рис. 3.3, в, г); чистовий перехід виконують підрізним різцем при горизонтальній подачі.

Циліндричні отвори діаметром до 40 мм виконують за допомогою одного свердла; при  $D > 40$  мм спочатку свердлять отвір діаметром 20 мм, який далі розсвердлюють до номінального значення. Реалізується також і кільцеве свердління отворів з  $D = 60 - 200$  мм і довжиною до 500 мм. Зенкерування застосовують при обробці отворів з  $D$  до 100 мм замість розсвердлювання або як метод попередньої обробки отворів у відливках та штампованих заготовках. Розвертуванням остаточно обробляють отвори з  $D$  до 100 мм. Ще одним поширеним методом напівчистої та чистої обробки отворів, одержуваних литтям, штампуванням або свердлінням, є розточування. При глибині різання  $t > 10$  мм розточування виконують двома різцями. Чистове розточування здійснюють одним різцем.

Конічні поверхні довжиною до 100 мм обробляють широким різцем (рис. 3.4, а). Метод є досить продуктивним, однак точність та якість обробленої поверхні невисокі через вібрацію, що виникає в процесі різання. При повороті вертикального супорта з використанням звичайних різців і з досить високою продуктивністю обробляють конічні поверхні будь-якої довжини, що не виходить за межі робочої зони верстата і з кутами нахилу від  $0$  до  $45^\circ$  (рис. 3.4, б, в).

Ще один метод обробки конічних поверхонь реалізується на верстатах з гітарою, при відповідному підборі для неї змінних зубчастих ко-

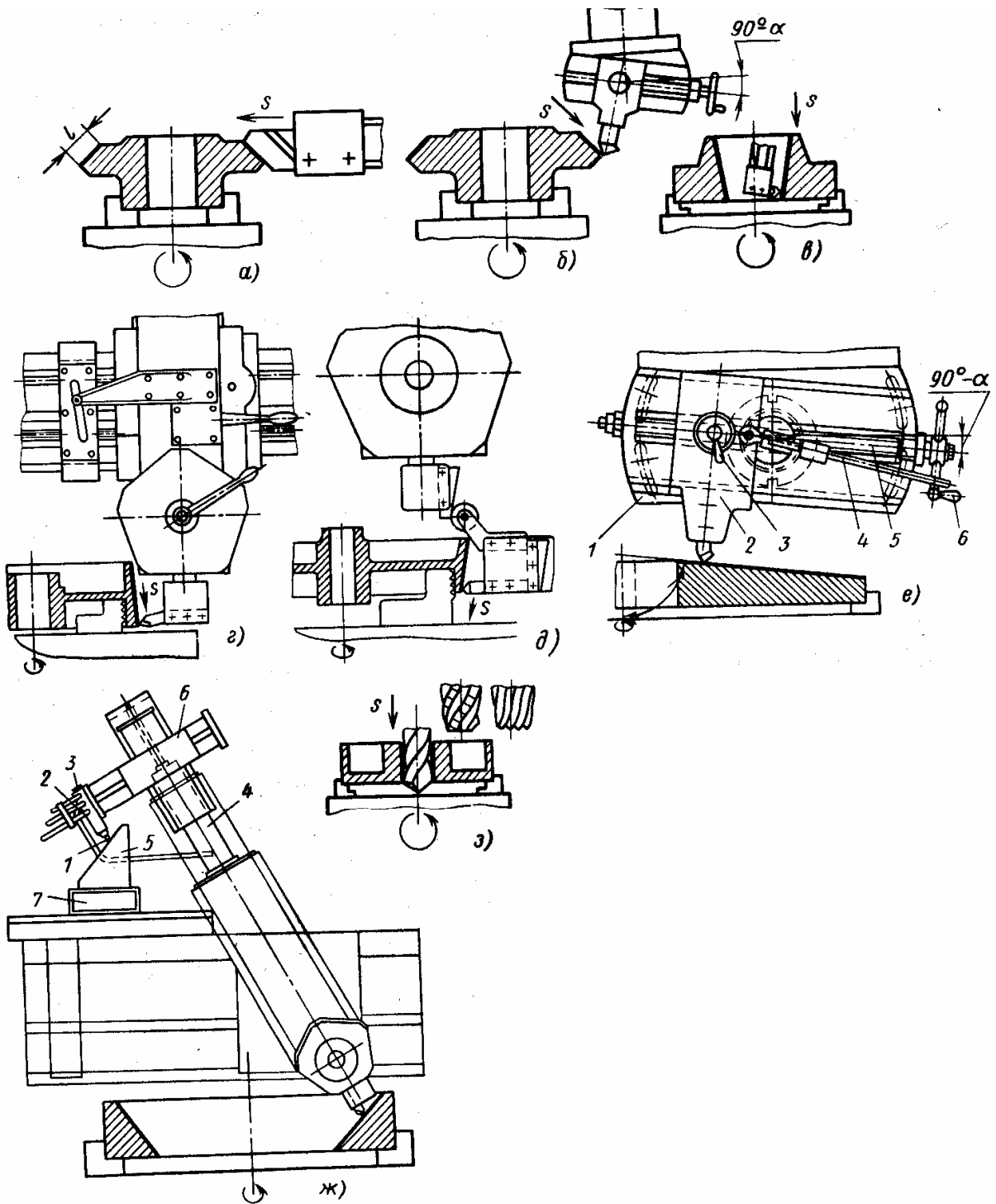


Рис. 3.4. Схеми обробки конічних поверхонь

ліс. Метод є складним і при використанні вимагає попереднього розрахунку параметрів настроювання та трудомісткого налагодження верстата.

За допомогою конусної лінійки або копіювальних пристосувань при відключенні поперечних полозків супорта від ходового гвинта обробляють конічні поверхні з кутами нахилу  $0 - 12^\circ$ . Вказані методи є досить зручними та високопродуктивними. На рис. 3.4, г подана схема обробки конічної поверхні при застосуванні конусної лінійки, закріпленої на поперечині верстата та вертикального супорта, який забезпечує вертикальну



подачу інструмента. Конуси обточують і з використанням копіювальних пристосувань (рис. 3.4, д) при вертикальній подачі бокового супорта в напрямку зверху-вниз (для обробки зовнішнього конуса) або горизонтальній подачі в напрямку до центра планшайби (для одержання внутрішнього конуса) при відповідному розташуванні копіра.

За допомогою спеціальних супортів обробляють конічні поверхні з практично будь-яким кутом нахилу (зворотна конусність не більша  $30^\circ$ ). Метод забезпечує високі продуктивність та точність. На рис. 3.4, е показаний універсальний супорт, нерухома частина 1 якого жорстко закріплена в різцетримачі вертикального супорта верстата. Поворотну частину універсального супорта установлюють за шкалою на кут, що відповідає куту оброблюваного конуса, після чого фіксують. Каретка з різцетримачем 2, що пов'язана з боковим супортом за допомогою тяги 4, приводиться у поступальний рух від коробки подач бокового супорта. При переміщенні каретки різець обробляє конічну поверхню під заданим кутом, відповідним куту установлення поворотної частини. У випадку неможливості з'єднання каретки з боковим супортом здійснюється ручна подача інструмента за допомогою рукоятки 6 та гвинта 5. Перемикання на режим обробки з ручною подачею здійснюється від рукоятки 3, що пов'язана з гайкою гвинта.

При обробці за допомогою гідрокопіювального супорта (рис. 3.4, ж) керування переміщеннями різця згідно із заданою траєкторією забезпечується пристроєм стеження, шуп 1 якого сковзає по копіру 5. При цьому вертикальний супорт рухається в горизонтальному напрямку. Гідроциліндр 4 пристрою стеження установлений позаду вертикальних полозків вертикального супорта. На пов'язаній з даними полозками поперечині 6 закріплений напрямний гідророзподільник 2 з маховиком 3, за допомогою якого регулюють положення шупа 1. Копір 5 зафіксований в тримачі 7, установленому на траверсі верстата. Боковий супорт в даному випадку можна використовувати для обробки інших поверхонь заготовки. Крім цього, конічні отвори з  $D \leq 100$  мм обробляють за допомогою спеціальних свердел, зенкерів та розверток (рис. 3.4, з).

*Канавки* шириною до 25 мм, до точності розмірів та розташування яких не висувають особливо жорстких вимог, виконують одним або декількома різцями за один робочий хід (рис. 3.5, а). При підвищених вимогах до точності обробку здійснюють за два робочі ходи: чорновий та чистовий, які виконують одним і тим самим різцем. Канавки шириною понад 25 мм (рис. 3.5, б) та фасонні канавки (рис. 3.5, в) прорізають за два або більше число робочих ходів одним або декількома інструментами.

При застосуванні оправок (рис. 3.5, в) можна автоматично прорізати одразу декілька внутрішніх канавок. Під час обробки напрямна пристосування, що пов'язана із вертикальним супортом, вводиться у отвір центральної втулки планшайби верстата. При опусканні напрямної до упора та її подальшому русі, приводиться в дію внутрішній механізм оправки, внаслідок чого, канавкові різці висуваються в радіальному напрямку на за-

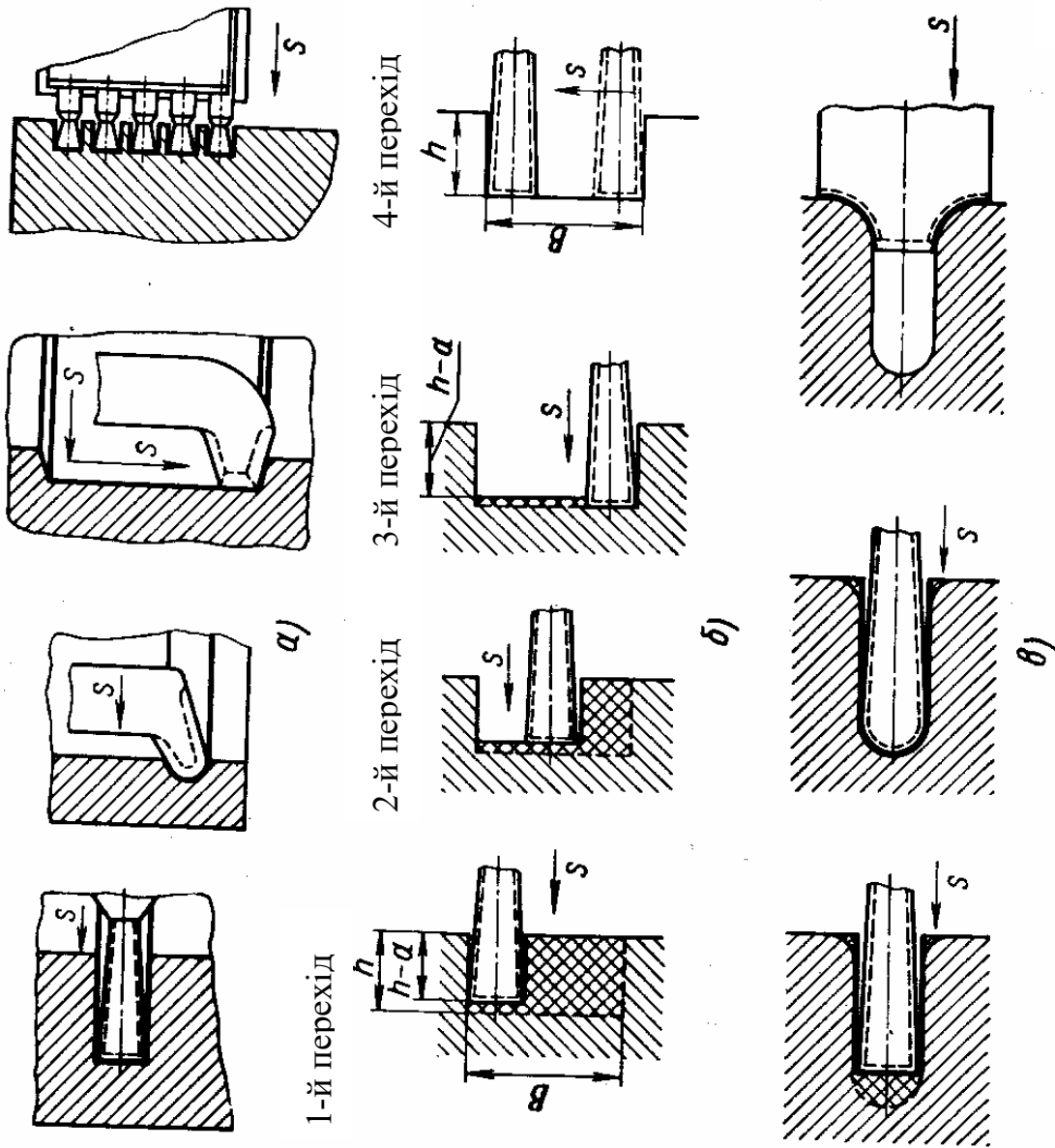
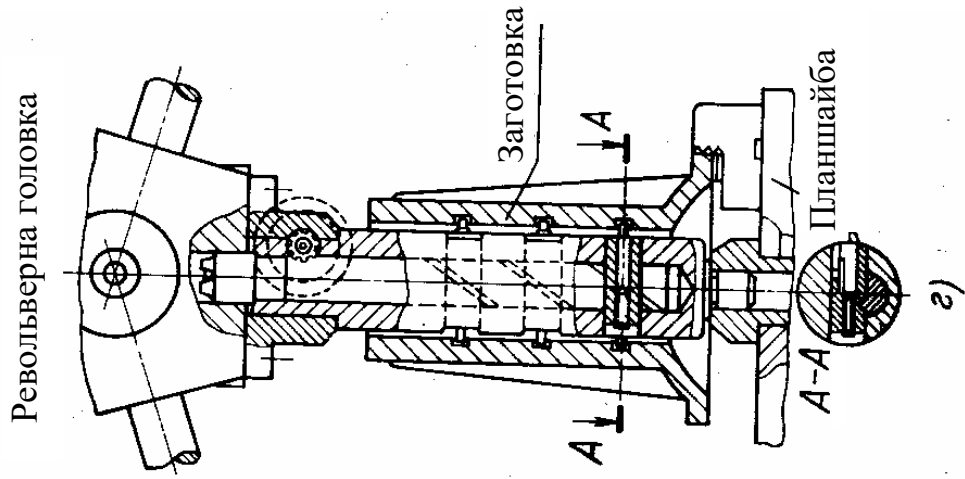


Рис. 3.5. Схеми прорізання канавок

дану величину, що відповідає глибині прорізуваної канавки. На етапі зворотного руху супорта оправка зміщується вгору і різці повертаються у вихідні положення. Після цього оправка виводиться з отвору оброблюваної заготовки.

Операції *відрізання* можуть виконуватись за допомогою одного або декількох відрізних різців (рис. 3.6).

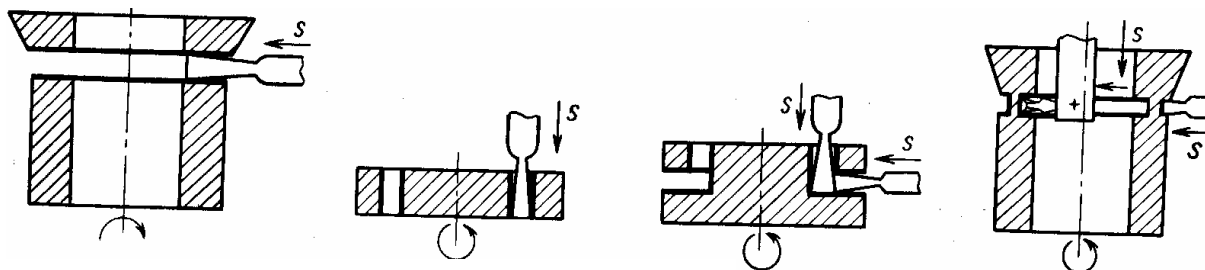


Рис. 3.6. Схеми відрізання і вирізання

*Сферичні поверхні* при довжині дуги  $l < 100$  мм обробляють фасонними різцями. При більших розмірах поверхонь використовують звичайний різець з подачею по дузі кола, що забезпечується за допомогою важільних або копіювальних пристроїв різних конструкцій, а також вертикальних або бокового супортів (рис. 3.7). При цьому кут повороту різця навколо осі різцетримача не повинен бути більшим  $45^\circ$ . У зв'язку із цим, що зазори між рухомими елементами даних пристроїв є мінімальними, забезпечуються високі продуктивність, точність та якість оброблених поверхонь.

*Остаточну обробку* на токарно-карусельних верстатах виконують широким різцем (ширина різальної кромки 60 – 80 мм) з досягненням параметра шорсткості  $Ra = 2,5 \div 1,25$  мкм; при обкатуванні роликami  $Ra = 1,25 \div 0,32$  мкм; при шліфуванні за допомогою пристосування, закріпленого на супорті  $Ra = 1,25 \div 0,63$  мкм; при суперфінішуванні з використанням пневматичного пристосування  $Ra = 0,16 \div 0,08$  мкм.

Ефективною є також обробка конічних та криволінійних поверхонь на верстатах з ЧПК. Наявність в системах ЧПК лінійної та колової інтерполяції забезпечує можливість обробки даних поверхонь за програмою, без застосування спеціального оснащення та фасонного інструмента. Крім цього, на такому обладнанні можна обробляти і різьбові поверхні, в тому числі зі змінним кроком або глибиною, одержання яких на звичайних верстатах є практично неможливим.

### 3.1.3. Установлення заготовок та використання пристосувань

При установленні заготовки (ливої, зварної, кованої або штампованої) на токарно-карусельному верстаті необхідно точно сумістити вісь її симетрії з віссю обертання планшайби. Вибір схеми установлення та закріплення заготовки визначається її конфігурацією, серійністю виробництва та прийнятим методом обробки. Від вибраної схеми установлення та

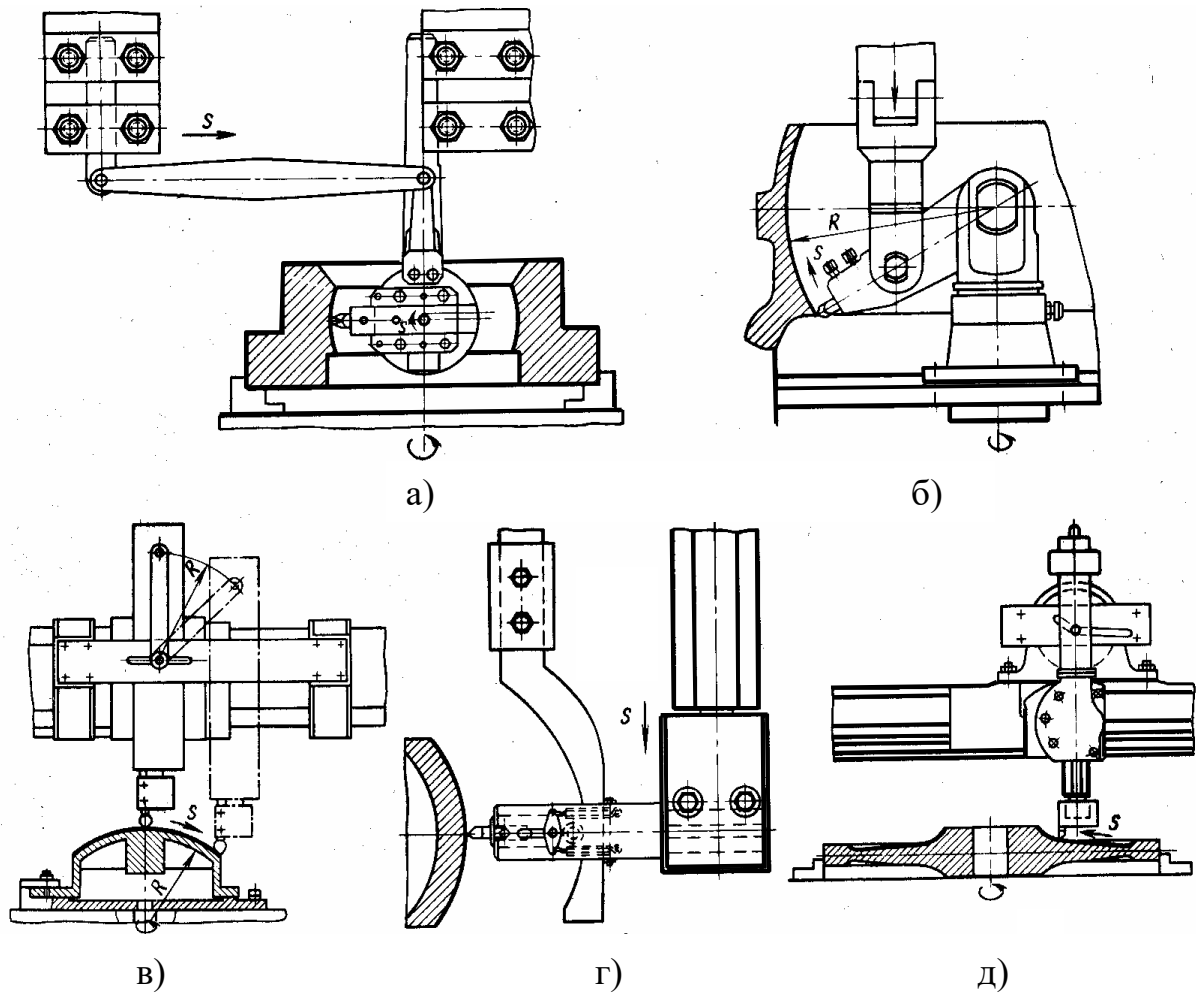


Рис. 3.7. Схеми обробки сферичних та фасонних поверхонь

закріплення істотно залежать точність, якість оброблюваних поверхонь та загальна тривалість процесу обробки.

Заготовки типу тіл обертання установлюють на верстаті за отвором та торцем або зовнішнім діаметром та торцем. Базування заготовок залежно від їх конфігурації та розмірів, а також від стану опорних поверхонь здійснюють на підкладки, кулачки або безпосередньо на планшайбу верстата. Закріплюють заготовки за допомогою універсальних кріпильно-затискних пристосувань та кулачків (рис. 3.8, а). Тонкостінні заготовки фіксують кулачками двосторонньої дії (рис. 3.8, б). При закріпленні корпусних заготовок кулачки установлюють на планшайбі верстата у положеннях, що визначаються конфігурацією та розмірами базової поверхні. З цією ж метою широко застосовують спеціальні знімні губки (рис. 3.9). Для забезпечення необхідної концентричності поверхонь заготовок, оброблюваних при різних установленнях, доцільно використовувати спеціальні центрувальні пристосування (рис. 3.10): оправки, шайби та планки, що установлюються на планшайбі верстата з базуванням за центрувальним отвором у планшайбі діаметром 150H7 мм – на верстатах моделей 1512, 1516

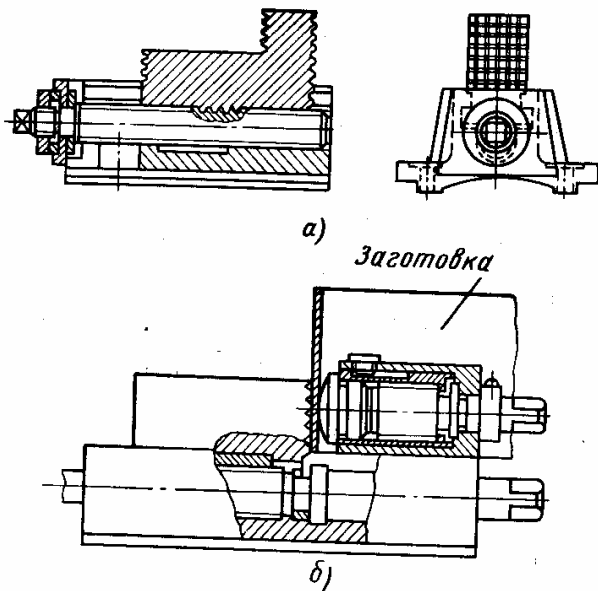


Рис. 3.8. Затискні кулачки

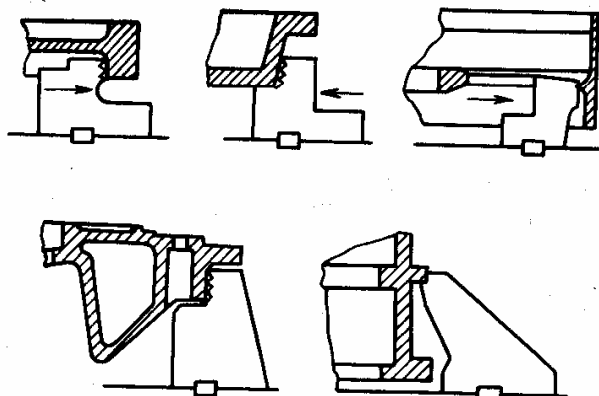


Рис. 3.9. Схеми закріплення заготовок на планшайбі верстата

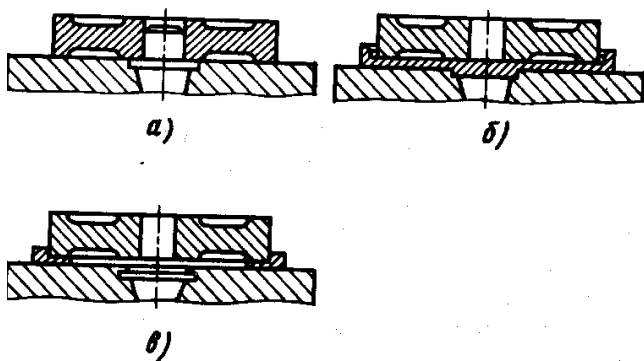


Рис. 3.10. Схеми застосування центральних оправок, шайб та планок

та діаметром 260Н7 мм – на верстатах 1525, 1532 або за Т-подібним пазом шириною 28Н13 мм згідно із ГОСТ 1574 – 75.

Установлення та вивірення заготовки проводяться за розмічальними рисками з використанням голки, закріпленої в супорті верстата, або за обробленими поверхнями та за допомогою індикатора [7]. Вивіряють заготовку при повільному ( $n = 2$  об/хв) обертанні планшайби. При необхідності положення заготовки в процесі установлення можна виправити шляхом її підclinювання або зміщення кулачків.

Спеціальні пристосування при обробці на токарно-карусельних верстатах застосовують переважно в серійному виробництві, а також при виготовленні конструктивно складних та тонкостінних деталей.

#### 3.1.4. Різальний інструмент та його установлення

Як основний різальний інструмент при роботі на токарно-карусельних верстатах застосовують прохідні, розточувальні, підрізні, прорізні, канавкові, різьбо-нарізні та фасонні різці, оснащені пластинами з твердих сплавів ВК4, ВК6, ВК8 – для обробки заготовок з чавунів та сплавів і Т5К10, Т15К6, Т30К4, Т14К8 – для обробки сталевих заготовок. Крім цього, використовується осьовий різальний інструмент для обробки отворів (свердла, зенкери, розвертки). Закріплюють такий інструмент в різцетримачах супортів або на оправках, уста-

новлюваних в отвори діаметром 70H7 мм в револьверній головці.

Весь процес обробки тої чи іншої заготовки на універсальному токарно-карусельному верстаті може бути розділеним на більше або менше число операцій. Останнє залежить від розмірів та маси заготовки, програми випуску, характеру обробки, умов і трудомісткості устанавлення та вивірення заготовки на верстаті. Заготовки невеликих деталей діаметром до 600 мм, що виготовляються серійно, доцільно обробляти з розділенням всього процесу на декілька простих операцій з використанням попередньо налагодженої револьверної головки. В наладках передбачають упори, застосовують пристрої та пристосування для прискорення настроювання верстатів, устанавлення, фіксації та звільнення заготовки, а також контрольні прилади.

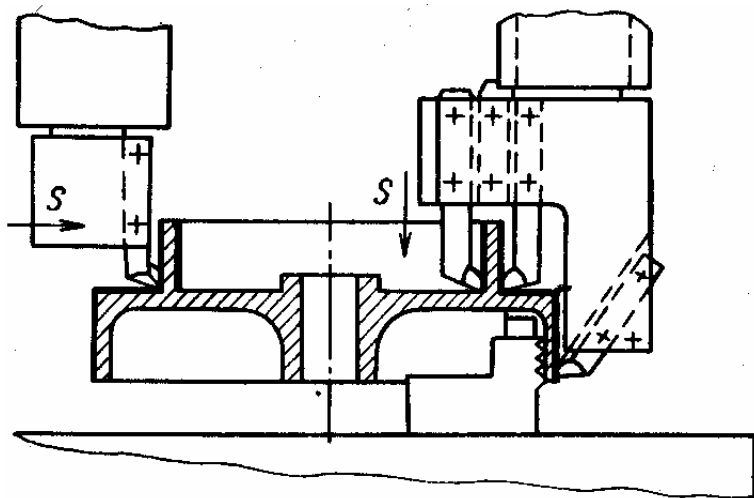


Рис. 3.11. Схема багатопрограмної обробки великогабаритної заготовки

ку вивіряють за попередньо обробленими поверхнями та здійснюють її остаточну обробку. При повторних установах як технологічні бази використовують тільки оброблені поверхні. Часто чорнову і чистову обробку ведуть на одних і тих самих верстатах, іноді навіть не перериваючи технологічного процесу різання.

Остаточний, вказаний на кресленні деталі розмір при чистовій обробці, забезпечується методом виконання спробних проходів, потрібне число яких залежить від заданої точності оброблюваних поверхонь та кваліфікації токаря-карусельника. Чистове розточування отворів з точністю, що відповідає 7-му квалітету виконують за п'ять-шість спробних проходів з вимірюванням отриманого розміру після виконання кожного з них. Розточування отворів з точністю, відповідною 8-му квалітету здійснюють за три-чотири проходи, тоді як отвори з точністю 9-го квалітета розточують за два проходи.

Виготовлення великогабаритних та важких деталей доцільно здійснювати при мінімальному числі операцій, за два устанави, використовуючи в роботі одночасно два і більше супортів (рис.3.11). При першому устанаві обробляють поверхні зі сторони додатка або ливника, приймаючи за технологічну базу достатньо розвинену та рівну необроблену поверхню. При другому устанаві заготовку

Отвори діаметром до 250 мм обробляють на верстатах з револьверною головкою. Весь потрібний різальний інструмент установлюють у відповідній послідовності у позиціях 1 – 4 головки (рис. 3.12).

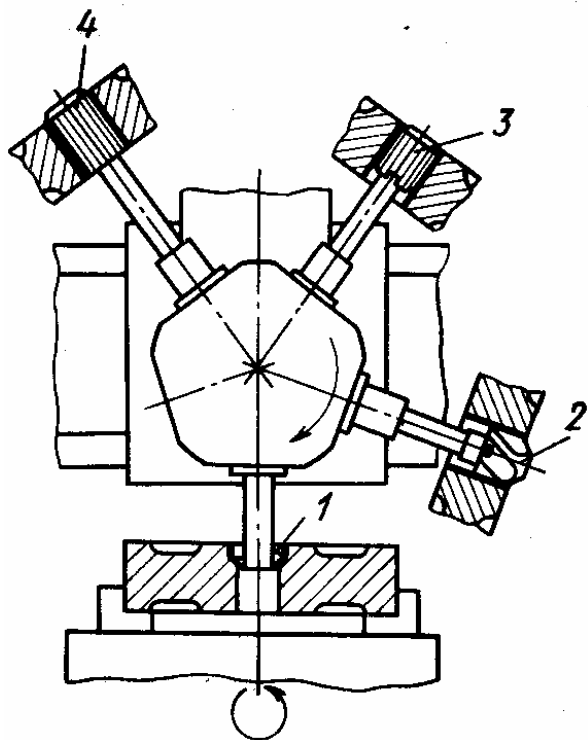


Рис. 3.12. Схема обробки отвору осьовим інструментом

Отвори в суцільному матеріалі на карусельних верстатах обробляють порівняно рідко. Поширенішою є обробка отворів, попередньо отриманих у відливках і поковках. При цьому доцільно спочатку розточити отвір, прийнявши за базу зовнішню поверхню заготовки (для усунення відхилення від співвісності), а потім на базі отвору обточити зовнішню поверхню. При зворотній послідовності обробки із зовнішньої поверхні потрібно зняти значно більший об'єм металу.

При обробці нежорстких заготовок схильних до деформації, після обдирання призначають операції їх природного або штучного старіння; крім цього, застосовують такі схеми установлення та закріплення заготовок, при реалізації яких деформації їх є мінімальними. Якщо можливо,

обробку тонкостінної заготовки з метою зменшення її деформації здійснюють одночасно декількома різцями, радіальні сили різання від яких спрямовані назустріч одна одній і взаємно зрівноважуються (рис. 3.13).

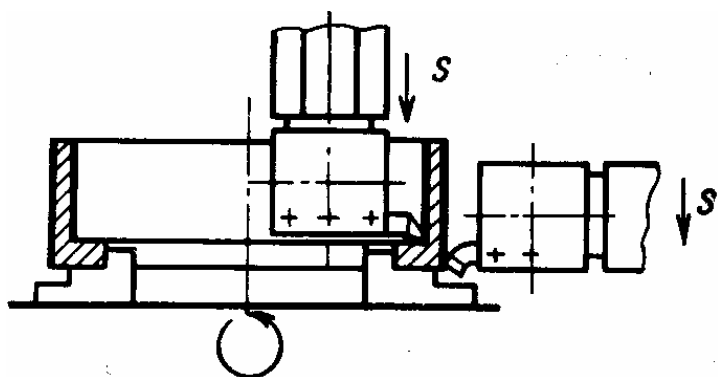


Рис. 3.13. Схема обробки тонкостінної заготовки

### 3.2. Хід роботи

1. Вивчити схеми обробки поверхонь різних форм та розмірів на токарно-карусельних верстатах.

2. Згідно із виданим викладачем ескізом деталі розробити карту налагодження для обробки її заданих поверхонь на токарно-карусельному верстаті.

3. З врахуванням заданих конфігурації та розмірів деталі підібрати стандартизовані або спеціальні пристрої та елементи для установлення її заготовки на токарно-карусельному верстаті. Подати схему установлення.

4. Установити та закріпити на круглій контрольній плиті, що в даній лабораторній роботі імітує планшайбу токарно-карусельного верстата, заготовку деталі типу „корпус”. Базування виконати на мірні підкладки з упором в планки або пальці. Зафіксувати заготовку за допомогою прихоплювачів та кріпильних елементів.

### 3.3. Зміст звіту

Навести у звіті карту налагодження для здійснення на токарно-карусельному верстаті механічної обробки заданих поверхонь заготовки. Подати практично реалізовану схему установаження на круглій контрольній плиті заготовки корпусної деталі.

### 3.4. Контрольні запитання

1. Яким є призначення токарно-карусельних верстатів?
2. Якими є найбільш розповсюджені типи токарно-карусельних верстатів?
3. Якими системами ЧПК оснащуються токарно-карусельні верстати?
4. З використанням яких способів на токарно-карусельних верстатах можна обробляти зовнішні циліндричні поверхні?
5. Які є відомі схеми обробки на токарно-карусельних верстатах торцевих поверхонь?
6. В якій послідовності на токарно-карусельних верстатах можуть оброблятися уступи?
7. Якими є основні методи обробки на токарно-карусельних верстатах конічних поверхонь?
8. В які способи на токарно-карусельних верстатах можна прорізати канавки різної ширини та точності?
9. Як здійснюється вирізання та відрізання заготовок при обробці на токарно-карусельних верстатах?
10. Які пристосування застосовують при обробці на токарно-карусельних верстатах фасонних поверхонь?
11. Що необхідно врахувати при виборі схеми установаження заготовки для здійснення її обробки на токарно-карусельному верстаті?
12. З використанням яких схем закріплення заготовки фіксуються на планшайбі токарно-карусельного верстата?
13. Що собою являють і для чого служать центрувальні оправки, шайби та планки?
14. Яким чином на токарно-карусельних верстатах обробляються тонкостінні заготовки?



## **Лабораторна робота №4. Обробка на токарно-револьверних верстатах**

**Мета роботи:** ознайомитись з призначенням, технологічними можливостями та класифікацією токарно-револьверних верстатів, способами обробки на них отворів, торців, різьб; вимогами та рекомендаціями щодо суміщення переходів при обробці на даному обладнанні, здійснення групової обробки та її інтенсифікації, пристосуваннями для обробки з підвищеною точністю сферичних, конічних та фасонних поверхонь, отримати практичні навички налагодження положення заготовки, інструмента та оснащення для виконання основних револьверних операцій.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** токарно-гвинторізний верстат моделі 1А616, заготовки типових деталей, підрізні різці, центрувальні свердла, цеківки, мітчики, штангенциркуль.

### 4.1. Теоретичні відомості

Завдяки поєднанню в одній операції декількох переходів та застосуванню багатоінструментальних наладок на токарно-револьверних верстатах здійснюють різноманітну багатоперехідну обробку заготовок деталей серійного виробництва замість роздільного виконання тих же самих переходів на токарних, свердлильних та інших верстатах. В масовому виробництві токарно-револьверні верстати не знаходять використання, оскільки при необхідності здійснення обробки у значних обсягах вони поступаються за ефективністю автоматизованому обладнанню. На токарно-револьверних верстатах виготовляють деталі типу тіл обертання різних конфігурацій з пруткового матеріалу або зі штучних заготовок (вали, втулки, арматуру, шківни, маховики, корпусні деталі і т. п.); обточують і розточують циліндричні, конічні, сферичні та профільні поверхні, підрізають торці, виточують канавки, нарізають і накатують різьбу, рифлення і т.п.

Без застосування мірного інструмента досяжна точність механічної обробки на даному обладнанні відповідає 12 – 13-му квалітету; після обробки розвертками або головками – 8 – 10-му квалітету. При нарізанні або накатуванні різьби забезпечується поле допуску 6Н/6Н – 7Н/7Н.

Обладнання розглядуваного типу ділять на токарно-револьверні верстати з головками, що мають вертикальну та горизонтальну вісь повороту. При повороті револьверної головки відбувається автоматична зміна режимів обробки. Переміщення головки обмежують регульовані упори, від яких подаються команди на вмикання подачі того чи іншого значення. Револьверні головки з вертикальною віссю обертання звичайно мають шість гнізд для установа та закріплення інструментів і можуть здійснювати в процесі обробки повздовжні зворотно-поступальні рухи. Крім цього, верстати з такими головками додатково оснащуються поперечним супортом з передньою чотирирізцевою головкою та заднім тримачем, що може переміщуватись у подовжньому та поперечному напрямках. Револьверна головка з горизонтальною віссю обертання виконується з 12 – 16 інструментальни-

ми гніздами і під час обробки може рухатись як в повздовжньому напрямку, так і обертатись навколо власної осі, забезпечуючи тим самим поперечну подачу інструмента. За наявності копіра поєднання двох вказаних рухів дозволяє здійснювати обробку конусів та складних профілів. Крім цього, незалежно від конструкції установленої головки, револьверні верстати оснащують накидними пристроями для нарізання різьби різцями, гребінками або різьбонарізними головками, при використанні яких задана подача на крок забезпечується за допомогою змінних копирів.

### **Обробка отворів**

Свердління проводять після підрізання відповідного торця та центрування отвору під кутом  $90^\circ$  свердлом з коротким вильотом. Отвори обробляють спіральними циліндричними, східчастими або комбінованими свердлами та зенкерами з досягненням точності 12 – 14-го квалітета та радіального биття в межах допуску на діаметр.

При жорсткішому допуску на биття короткі отвори невеликого діаметра обробляють розточувальними різцями або напівкруглими свердлами без попереднього центрування. У випадку необхідності виконання отворів в заготовках корпусних деталей зенкери або розвертки доцільно направляти по втулці, що вмонтована у затискне пристосування. Розвертки закріплюють в плаваючих або хитких патронах, установлюваних в гніздах револьверної головки.

### **Підрізання торців**

Здійснюється різцями з поперечною подачею, установленими на супорті або цеківками, закріпленими в револьверній головці при їх подовжній подачі. Торці східчастих валів або східчастих отворів можна підрізати різцем з осьовою подачею.

### **Різьбоутворення**

Машинні мітчики, плашки, різьбонарізні та різьбонакатувальні головки закріплюють у револьверній головці. Вони працюють з осьовою подачею за принципом самозатягування, оскільки револьверні верстати не мають ходових гвинтів. На початку процесу різьбоутворення вмикають примусову осьову подачу револьверної головки з інструментом, що має відповідати кроку різьби, а після нарізання одного-двох витків – вимикають її; далі головка переміщується внаслідок самозатягування. Враховуючи масивність револьверної головки, різьботвірний інструмент рекомендується закріплювати на висувному тримачі, що допускає осьове переміщення інструмента при нерухомій головці. Тримачі повинні виходити з повідця після досягнення заданої глибини різання. При застосуванні різьбонарізних та різьбонакатувальних головок, що відкриваються автоматично, реверсування їх не потрібне. Поверхні заготовок під накатування різьби обточують різьбонарізними головками з гладкими гребінками.

### **Суміщення переходів обробки**

Суміщення переходів механічної обробки (рис. 4.1) є типовим для револьверних верстатів. Як правило, суміщають чорнові переходи: обточування, свердління, розточування, підрізання торців, зняття фасок і т.п. Не рекомендується одночасно здійснювати чорнову та чистову обробку, наприклад, свердління і розвертування, чорнове обточування та чистове розточування, оскільки в подібних випадках режими різання для різних поверхонь є несумісними, а вібрації, що виникають при чорновій обробці, можуть призводити до недопустимих похибок виконання чистових переходів.

### **Групова обробка**

На револьверних верстатах досить часто здійснюють і групову обробку заготовок типових деталей, що забезпечує мінімізацію витрат часу на переналагодження. При цьому деталі, аналогічні за конфігурацією та технологією виготовлення, об'єднують у групи. Заготовки деталей кожної групи, що є близькими за розмірами, обробляють на револьверних верстатах однієї моделі з використанням однакових методів та типового оснащення. Груповий технологічний процес розробляють для умовної деталі, що містить елементи властиві всім деталям даної групи. З врахуванням параметрів умовної деталі створюють універсальні пристосування та групові наладки, що дозволяють здійснювати обробку будь-якої заготовки групи при мінімальному числі переналагоджень. В карті налагодження для реалізації групової обробки вказують найменування всіх її переходів, шифр використовуваних при цьому інструментів, місця їх закріплення, послідовність заміни та інші відомості. На рис. 4.2 показана схема групової наладки для обробки заготовки деталі типу „втулка” на револьверному верстаті, оснащеному головкою з горизонтальною віссю обертання. Якщо потрібне число інструментів перевищує число гнізд у головці, застосовують швидкознімний патрон для послідовного введення їх в роботу.

### **Обробка на верстатах, оснащених револьверними головками з вертикальною віссю обертання**

Для усунення негативного впливу на точність обробки похибок індексації та фіксації револьверної головки, а також з метою підвищення жорсткості технологічної системи застосовують напрямну штангу, яка закріплюється на шпindelній бабці та центрувальний кронштейн, установлений в гнізді головки (рис. 4.3), або направляють закріплений у головці інструмент за допомогою качалки (рис. 4.4), яка входить у втулку пристосування для фіксації штучної заготовки. Різальний інструмент установлюють в револьверній головці таким чином, щоб негативний вплив на точність обробки, обумовлений похибками її індексації та фіксації, був мінімальним (рис. 4.5).

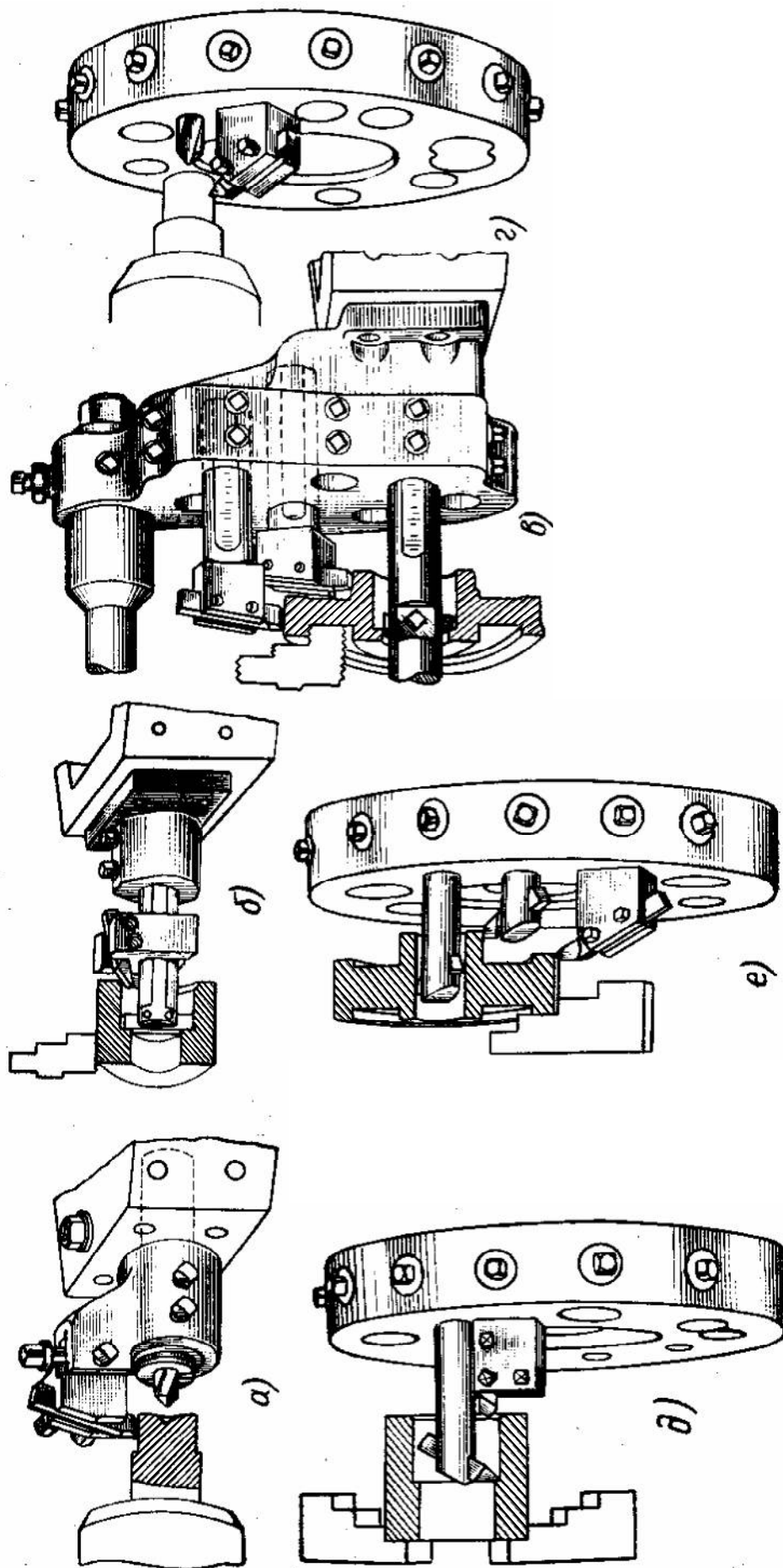


Рис. 4.1. Схеми суміщення переходів обробки на токарно-револьверних верстатах: а – в – на верстаках, оснащених револьверними головками з вертикальною віссю обертання; г – е – на верстаках, оснащених револьверними головками з горизонтальною віссю обертання

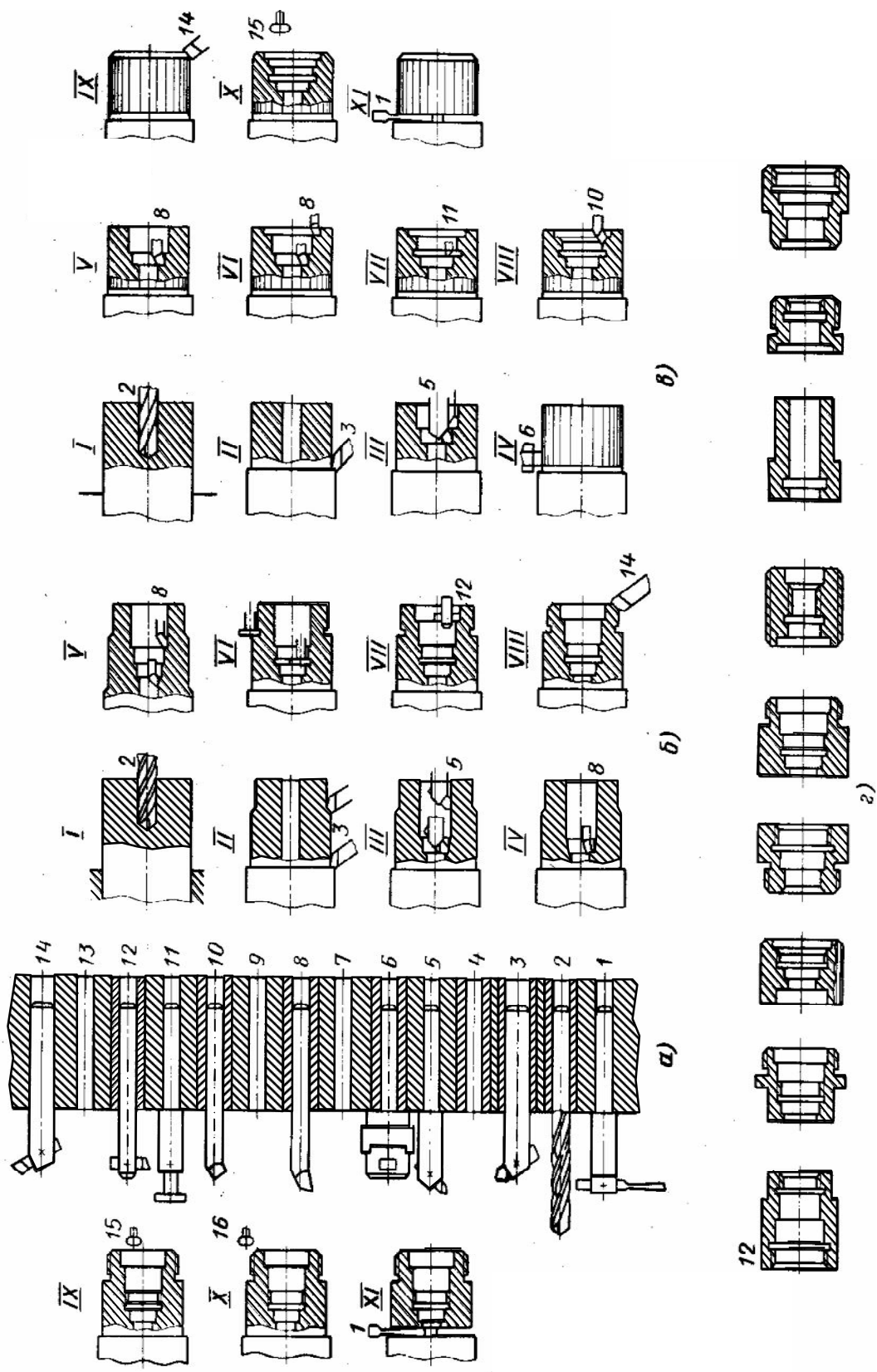


Рис. 4.2. Схеми налагодження револьверної головки для групової обробки заготовок: а – розгортка револьверної головки з комплектом інструмента; б, в - схеми виконуваних переходів обробки; г – ескізи типових деталей. I - XI - переходи обробки; 1 – 16 - позиції інструментів в револьверній головці

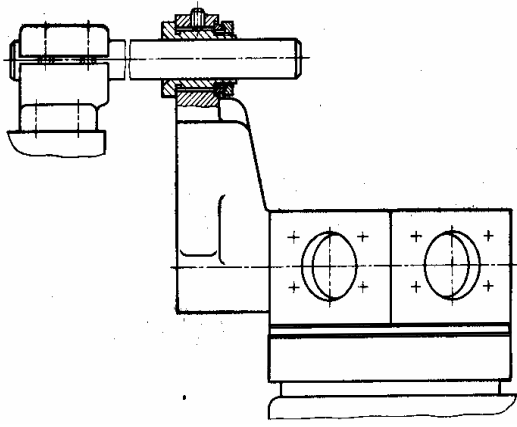


Рис. 4.3. Схема центрування револьверної головки за допомогою напрямної штанги

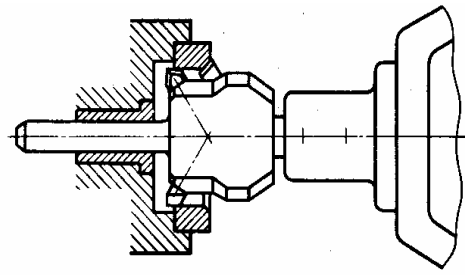


Рис. 4.4. Розточувальна головка з напрямною качалкою

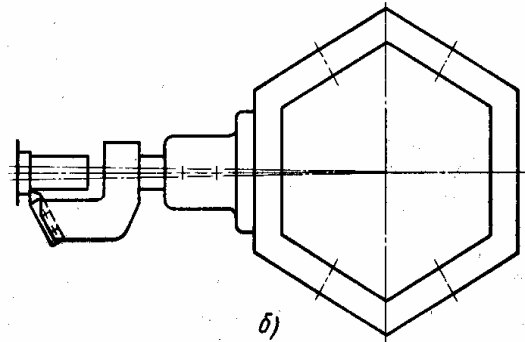
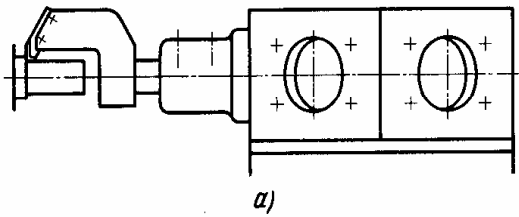


Рис. 4.5. Схеми установки різця відносно осі револьверної головки: а - правильно; б - неправильно

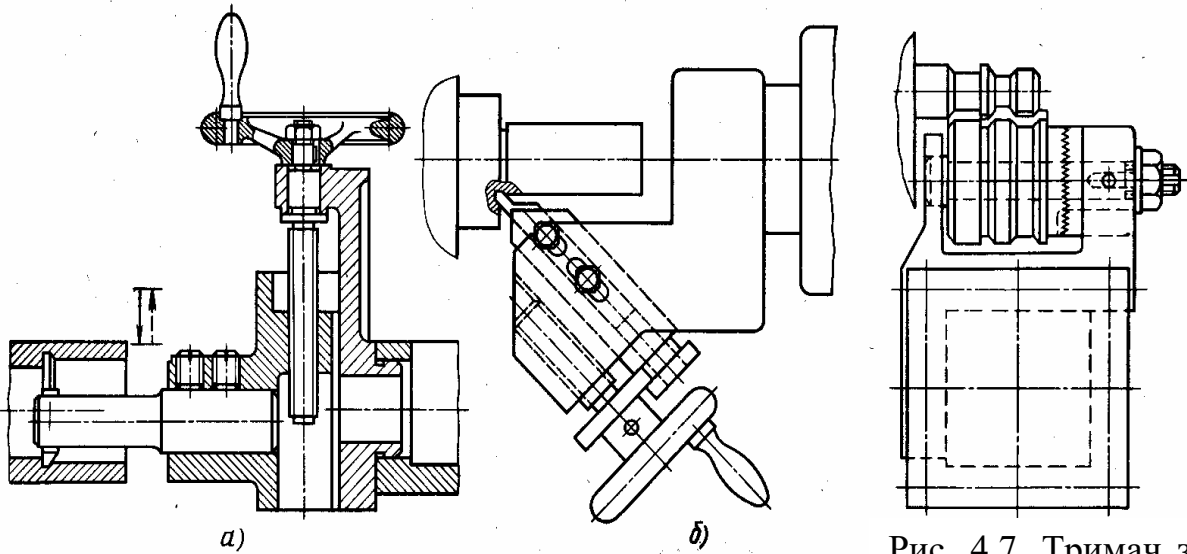


Рис. 4.6. Гвинтові пристосування: а - для розточування канавок; б - для проточування похилих канавок на східчастих валах

Рис. 4.7. Тримач з дисковим фасонним різцем

Для прорізання канавок застосовують важільні, рейкові або гвинтові пристосування (рис. 4.6). Профільні поверхні обробляють фасонними різцями, закріпленими на супорті (рис. 4.7), або за допомогою копіювальних пристроїв (рис. 4.8, 4.9). Нежорсткі заготовки обточують із забезпеченням їх додаткової підтримки центром, установленим в револьверній головці (рис. 4.10), або тримачем з люнетом (рис. 4.11).

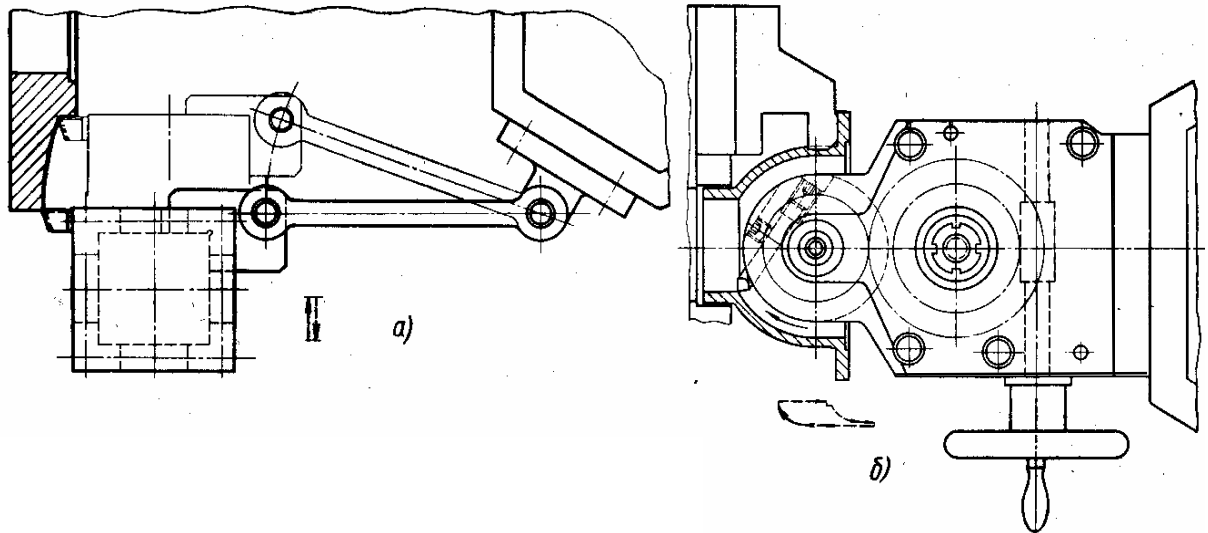


Рис. 4.8. Пристосування для обробки сферичних поверхонь: а - важільне; б - черв'ячне

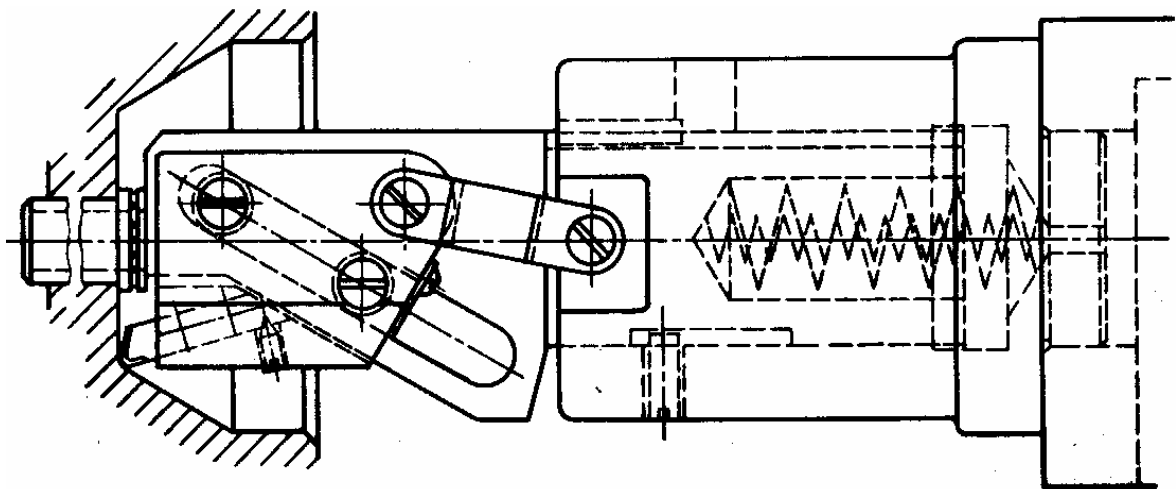


Рис. 4.9. Копіювальний тримач для обробки внутрішніх конічних поверхонь

### Приклади наладок

У наладці на рис. 4.12 застосовані багаторізцеві тримачі для обточування циліндричних ступенів та зняття фаски, а також фасонний інструмент для обробки шийки та сферичного ступеня.

Ступінь пальця (рис. 4.13) під різьбу обточується з використанням тримача з люнетом, що запобігає вібраціям та віджиманню прутка. Різьба виконується за допомогою різьбонарізної головки, закріпленої у висувно-

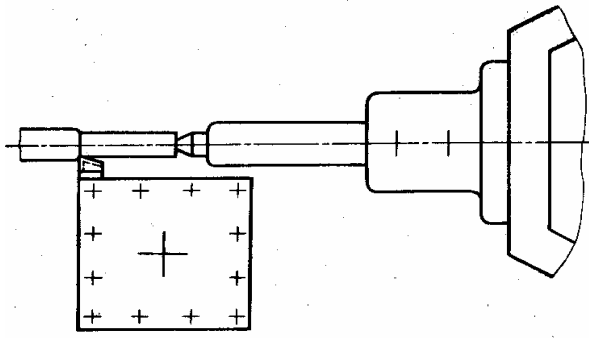


Рис. 4.10. Схема установлення центра в револьверній головці

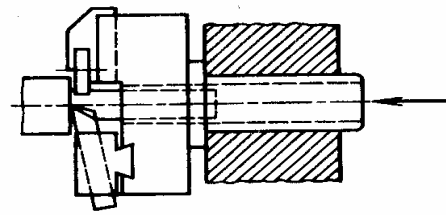


Рис. 4.11. Складений тримач з люнетом

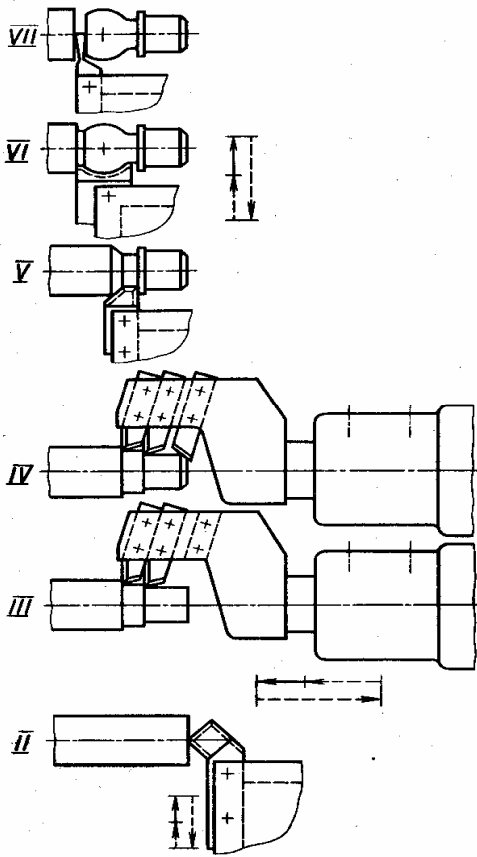


Рис. 4.12. Схеми обробки сферичного пальця з пруткового матеріалу: I перехід – звільнення прутка, подача його до упора та фіксація (не показаний); II – підрізання торця; III – чорнове обточування двох циліндричних ступенів; IV – чистове обточування двох циліндричних ступенів та зняття фаски; V – обточування шийки; VI – обробка сферичного ступеня; VII - відрізання деталі

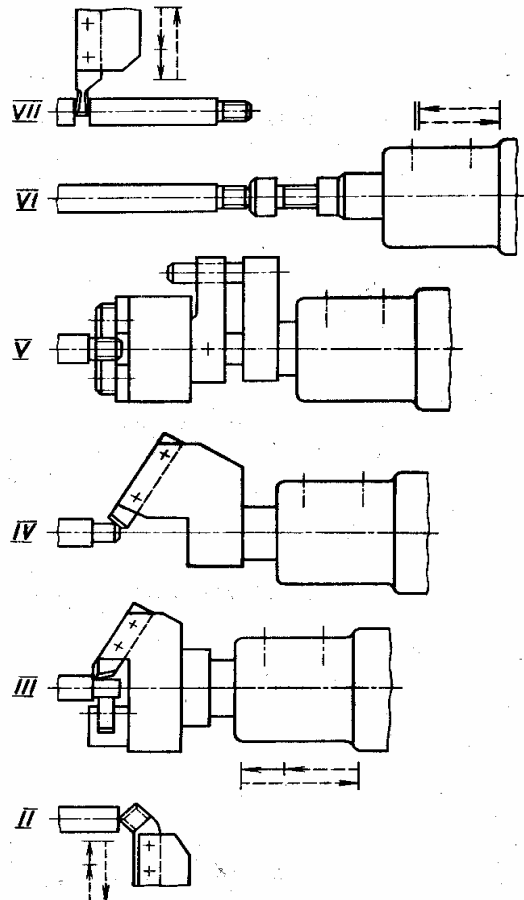


Рис. 4.13. Схеми обробки пальця з пруткового матеріалу: I – звільнення прутка, подача його до упора та фіксація з малим вильотом (не показаний) II – підрізання торця; III – обточування циліндричного ступеня під різьбу; IV – зняття фаски; V – нарізання різьби; VI – подача прутка до упора на довжину деталі то його закріплення; VII – відрізання деталі



му тримачі, що полегшує самозатягування інструмента. Перед відрізанням пруток додатково висувають на необхідну довжину до упора в обмежувач.

### **Обробка на верстатах, оснащених револьверними головками з горизонтальною віссю обертання**

Велика кількість гнізд для установаження інструмента в револьверних головках даних верстатів, а також можливість здійснення колової подачі забезпечують сприятливі умови для реалізації багатоперехідної і групової обробки.

#### **Інтенсифікація обробки на револьверних верстатах**

Інтенсифікації механічної обробки на револьверних верстатах досягають при застосуванні інструментів зі змінними твердосплавними, метало- та мінералокерамічними різальними пластинами (різців, розточувальних головок, однолезових розверток „Мапал”, модульних систем складених інструментальних блоків), а також шляхом скорочення часу на заміну та настроювання інструмента.

Використання на верстатах, оснащених револьверними головками з вертикальною віссю обертання ежекторних свердел дозволяє за один перехід обробити в заготовці отвір з точністю, що відповідає 10 – 12-му квалітету і параметром шорсткості поверхні  $Ra = 0,63 \div 1,25$  мкм, але верстат для установаження на ньому вказаного інструмента потрібно попередньо модернізувати.

При наявності у револьверній головці вільних гнізд в них установажують дублюючі комплекти інструментів, що дозволяє скоротити допоміжний час та здійснювати за один повний оберт головки два або більше повторних циклів обробки. Скорочення часу на підналагодження досягають шляхом настроювання інструмента поза верстатом за допомогою спеціальних та універсальних пристроїв і приладів, завдяки використанню швидкозмінних попередньо налагоджених інструментальних блоків [9] або при заміні всієї револьверної головки в комплекті з інструментами.

## **4.2. Хід роботи**

1. Ознайомитись зі схемами обробки на токарно-револьверних верстатах поверхонь різних типів, рекомендаціями щодо суміщення переходів при експлуатації даного обладнання, реалізації групової обробки, а також її інтенсифікації.

2. Отримати у викладача ескіз деталі і, користуючись ним, розробити карту налагодження для обробки на токарно-револьверному верстаті, оснащеному головкою з вертикальною або горизонтальною віссю обертання заданих поверхонь (тип верстата, а також потребу у суміщенні переходів або здійсненні групової обробки вказує викладач). При необхідності вибрати та зобразити спеціальні пристосування для забезпечення заданих форми та точності оброблюваних поверхонь.

3. Згідно із індивідуальним завданням викладача, виконати попереднє налагодження положення інструмента і заготовки для здійснення на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1А616 обробки осьового отвору (необхідно закріпити в патроні верстата видану викладачем заготовку, установити в різцетримачі супорта різець для підрізання її торця, а в пінолі задньої бабки верстата - центрувальне свердло). Інші варіанти індивідуальних завдань: підготовка токарно-гвинторізного верстата до підрізання торця заготовки за допомогою різця, закріпленого в різцетримачі супорта, цеківки, установленної в пінолі задньої бабки, або закріплення в останній мітчика для нарізання різьби.

#### 4.3. Зміст звіту

У звіті необхідно подати розроблену карту налагодження для обробки на токарно-револьверному верстаті заданих поверхонь заготовки, а також описи, виконаних операцій з налагодження токарно-гвинторізного верстата.

#### 4.4. Контрольні запитання

1. Якими є технологічне призначення та технологічні можливості токарно-револьверних верстатів?
2. На які типи ділять токарно-револьверні верстати за конструктивним виконанням револьверної головки, що на них установлена?
3. З використанням якого інструмента і в якій послідовності на токарно-револьверних верстатах здійснюється обробка отворів?
4. Як на токарно-револьверних верстатах виконують підрізання торців?
5. Яким чином на токарно-револьверних верстатах виконуються операції різьбоутворення?
6. Які основні вимоги та рекомендації слід врахувати при реалізації суміщення переходів механічної обробки на токарно-револьверних верстатах?
7. Що таке групова обробка і як вона здійснюється на токарно-револьверних верстатах?
8. Як при роботі на токарно-револьверних верстатах, оснащених головками з вертикальною віссю обертання, забезпечується підвищення точності обробки та зменшення похибки індексації виконавчих елементів?
9. Які існують пристосування для обробки на токарно-револьверних верстатах внутрішніх та зовнішніх канавок, а також фасонних, сферичних та конічних поверхонь?
10. Яким чином можна інтенсифікувати обробку на токарно-револьверному верстаті?

## **Лабораторна робота №5. Обробка на багатошпindelних вертикальних токарних напівавтоматах**

**Мета роботи:** ознайомитись з призначенням, класифікацією, основним оснащенням та робочими режимами багатошпindelних вертикальних токарних напівавтоматів, вивчити способи обробки на них різних поверхонь та елементів, рекомендації з налагодження, схеми спеціальних пристосувань, що використовуються під час обробки, отримати навички виконання кінематичних розрахунків ланцюгів головного руху та подачі верстата, а також параметрів інструментальних головок, які служать для обробки нецентрального отворів, засвоїти практично послідовність виконання основних операцій з налагодження даного обладнання в тому числі установлення на ньому різального інструмента.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** вертикально-фрезерний верстат моделі 6Н11Г, свердла, зенкери, розвертки, зенківки, цеківки.

### 5.1. Теоретичні відомості

Багатошпindelні вертикальні токарні напівавтомати застосовують для токарної обробки литих та штампованих, середніх і великих заготовок. Сучасні верстати даного типу мають 4 – 16 робочих шпindelів. Їх вертикальне компонування, завдяки якому шпindelі верстата звільнені від горизонтальних реакцій технологічних зусиль, дозволяє відносно легко і зручно здійснювати установлення та зняття важких заготовок, а також забезпечувати високу точність їх обробки. Крім цього, обладнання даного типу відрізняється порівняно високою компактністю. У машинобудуванні використовують багатошпindelні вертикальні токарні напівавтомати двох типів: послідовної та паралельної дії.

На верстатах послідовної дії заготовка обробляється по черзі на кожній з робочих позицій і за один установ, при цьому на будь-якій з позицій виконуються свої переходи механічної обробки. Деталь виготовляється нібито на декількох одношпindelних напівавтоматах, кожен з яких налагоджений згідно із певною схемою.

На рис. 5.1 подана принципова схема шестишпindelного напівавтомата послідовної дії. З основою 1 даного верстата жорстко з'єднана колона 2, навколо якої періодично повертається стіл 3 з шістьма шпindelями 4. П'ять супортів 5 при обертанні шпindelів навколо власної осі разом із закріпленими в їх патронах заготовками забезпечують послідовну одночасну обробку останніх на п'яти робочих позиціях. На шостій позиції з нерухомим шпindelем здійснюється зняття обробленої деталі та установлення наступної заготовки для виконання її обробки. Далі після повороту столу на  $60^\circ$  шпindel, що попередньо був на завантажувальній позиції і перемістився у позицію I починає обертатись, а інструменти закріплені у відповідному супорті при вертикальному опусканні останнього здійснюють обробку заготовки. Після завершення першої операції стіл знов повертається, забезпечуючи переміщення заготовки у позицію II і т.д. Таким чи-

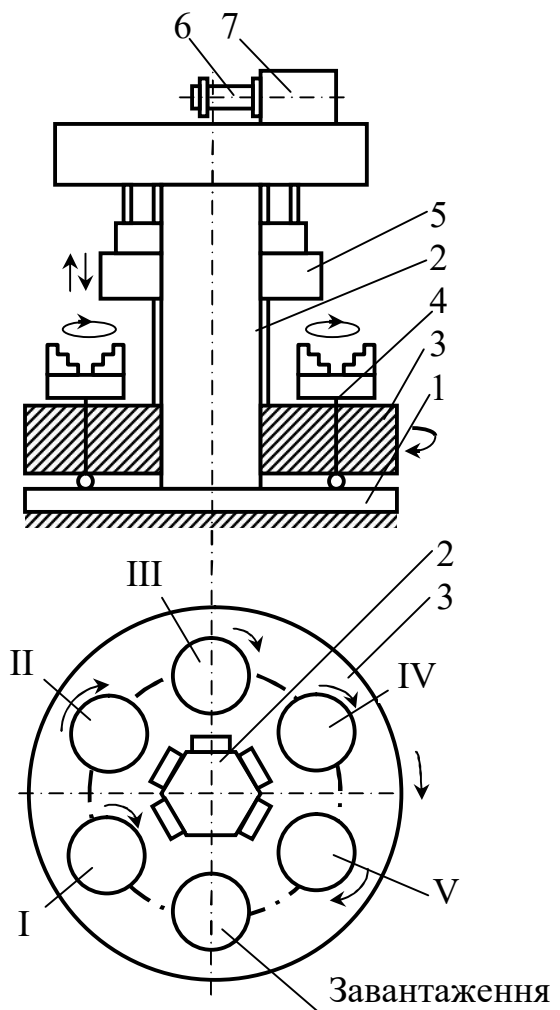


Рис. 5.1. Принципова схема шестишпиндельного напівавтомата послідовної дії

ном, на кожній з позицій виконується певна операція, а після завершення обробки готова деталь приходить на завантажувальну позицію. Привод верстата включає електродвигун 6 та редуктор 7.

Особливістю розглядуваного обладнання є те, що робота шпинделів та супортів на окремих позиціях забезпечується при їх незалежному кінематичному налагодженні. Верстат має п'ять окремих секцій привода головного руху та подачі (за числом робочих позицій). Кожна секція містить елементи настроювання частоти обертання шпинделя та величини подачі супорта.

На верстатах паралельної дії заготовка обробляється за один установ і тільки на одній позиції, при цьому в обробці знаходиться одночасно декілька (за числом шпинделів без одного) заготовок. Отже, виготовляється одразу декілька деталей одного типу, так само як це робиться на декількох одношпиндельних напівавтоматах, налагоджених на виконання однієї і тієї ж самої операції.

Система керування напівавтомата забезпечує рухи супортів згідно із чотирма режимами: швидкого підведення; швидкого відведення; повільної подачі; швидкої подачі.

Вертикальні багатшпиндельні напівавтомати для виконання механічної обробки основних видів оснащують супортами таких типів:

- вертикальними, виконавчі елементи яких здійснюють під час обробки вертикальні зворотно-поступальні переміщення;
- універсальними, що забезпечують послідовні подовжні та поперечні рухи інструмента з поверненням останнього у вихідне положення уздовж тієї ж самої траєкторії, що і при робочих ходах;
- паралельної дії (напівуніверсальними), що несуть інструменти двох груп – одні переміщуються тільки у вертикальному напрямку, інші – послідовно у вертикальному та горизонтальному. Супорти даного типу мають нижчу ніж супорти перших двох типів жорсткість і застосовуються тільки при нестачі робочих позицій.

Крім цього, у випадках коли деталь заданої конфігурації не може бути отримана з використанням стандартних супортів, напівавтомати оснащують спеціальними супортами, наприклад, подвійними, з приводом свердлильної головки або з розточувальною головкою.

Подвійні супорти мають по два виконавчі елементи, що переміщуються по полозках: один – у вертикальному, інший – у горизонтальному напрямках. При цьому, обидва виконавчі елементи рухаються одночасно, що дозволяє суміщати, наприклад, вертикальне та горизонтальне обточування. Подвійні супорти випускаються у шести варіантах виконання: „до центру 1:1”; „до центру 2:1”; „до центру 3:1”; „від центру 1:1”; „від центру 2:1”; „від центру 3:1”. Позначення „до центру” та „від центру” вказують напрямок робочої подачі виконавчого елемента, що переміщується по горизонтальних полозках (робоча подача виконавчого елемента, який рухається вертикально, завжди спрямована вниз). Відношення 1:1; 2:1; 3:1 показують, як співвідносяться величини довжин ходів виконавчих елементів

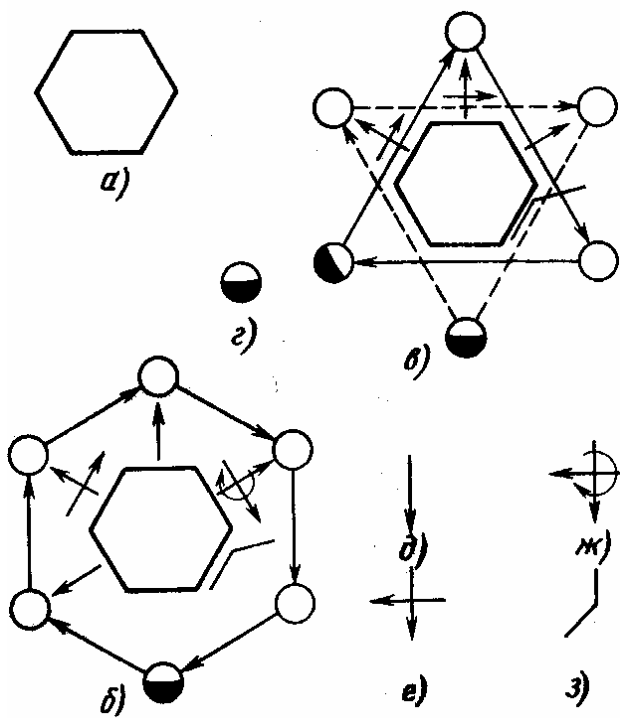


Рис. 5.2. Схеми налагодження напівавтоматів з умовними позначеннями позицій та супортів: а – колона верстата; б – схема налагодження верстата послідовної дії; в – схема налагодження верстата паралельної дії; г – завантажувальна позиція; д – вертикальний супорт; е – напівуніверсальний супорт; ж – універсальний супорт; з – подвійний кутовий супорт

у вертикальному та горизонтальному напрямках. Наприклад, 3:1 означає, що довжина ходу  $a$ , отже, і подача на оберт шпинделя у вертикальному напрямку в 3 рази більша, ніж у горизонтальному.

Супорт з приводом свердлильної планетарної головки застосовують при необхідності обробки нецентрального отвору без зупинки шпинделя над їх осями.

Супорт з розточувальною головкою, що також має індивідуальний привод, призначений для чистової обробки центральних отворів (поверхонь) діаметром 20 – 100 мм, з параметром шорсткості поверхні  $Ra = 2,5 \div 1,25$  мкм. Як інструмент застосовують розточувальні борштанги з різцями.

На рис. 5.2 показані структурні схеми налагодження напівавтоматів послідовної та паралельної дії, на яких умовно позначені позиції та супорти різних типів.

На багатошпиндельних вертикальних напівавтоматах послідовної дії виготовляють шестерні, маточини, муфти, шківни, фасонні та

деякі корпусні деталі з виконанням таких операцій, як обточування циліндричних та конічних поверхонь, підрізання торців, розточування, прорізання канавок, свердління, зенкерування та розвертування отворів, осі яких збігаються з осями обертання шпинделів або зміщені відносно них.

Заготовки закріплюють в патронах або в спеціальних пристосуваннях. На верстатах даного типу може бути досягнута точність обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь, відповідна 6 – 9-му квалітету. Однак слід пам'ятати, що вона залежить не тільки від можливостей обладнання, але і від правильного вибору схеми налагодження та технологічного оснащення.

Багатошпиндельні напівавтомати паралельної дії призначені для виготовлення деталей нескладної форми, заготовки яких устанавлюються на центрах або в патронах. При обробці на даних верстатах забезпечується точність, що відповідає 10 – 11-му квалітету та параметр шорсткості оброблених поверхонь  $Ra = 2,5$  мкм. Точність, відповідна 6 – 9-му квалітету може бути досягнута при застосуванні спеціального інструмента (плаваючих головок). На верстатах паралельної дії здійснюють попереднє та остаточне обточування та розточування циліндричних, конічних, фасонних та торцевих поверхонь заготовок, а також реалізують різні комбінації вказаних операцій.

Як правило, на багатошпиндельних вертикальних напівавтоматах паралельної дії при закріпленні в центрах обробляють деталі типу валів, при устанавленні в патронах – типу барабанів.

На одно- та двошпиндельних напівавтоматах вертикального або горизонтального виконання при використанні додаткових силових головок, окрім токарної обробки виконують свердління, фрезерування, нарізання різьб та інші операції.

### **Розробка схем налагодження для обробки на напівавтоматах послідовної дії**

Розробку схем налагодження та розрахунок режимів різання здійснюють для кожного супорта (позиції) верстата окремо. Далі виконують додаткові розрахунки для забезпечення скоординованої і приблизно однакової за тривалістю протягом одного циклу роботи супортів. Останнє дозволяє підвищити стійкість інструмента на тих позиціях, на яких він навантажений порівняно невеликими за величиною зусиллями і тим самим скоротити час на підналагодження верстата, а також забезпечити раціональнішу експлуатацію супортів верстата, без зайвого їх перевантаження.

Багатошпиндельні напівавтомати послідовної дії при необхідності виготовлення на них порівняно простих за конфігурацією деталей і виконанні відносно невеликого числа переходів, налагоджують на одно-, дво- або трициклову роботу. Таким чином, на їх завантажувальних позиціях здійснюється одночасне устанавлення або знімання одної, двох або трьох заготовок. Реалізація таких дво- або трициклових схем налагодження дозволяє виконувати обробку заготовок деталей типу „вал” та „шестерня” з

двох сторін при їх поворотах на  $180^\circ$  або виготовляти деталі одного типу різних розмірів.

При розробленні схем налагодження для позицій попередньої обробки з метою підвищення продуктивності доцільно збільшувати кількість інструментів, які працюють одночасно, до 6 – 8. У випадку використання на одній позиції більшого, ніж вказано, числа інструментів через посилення вібрацій та збільшення потужності різання спостерігається прискорений знос інструментів, що обумовлює необхідність у частішому проведенні підналагодження верстата. Оптимальний час, який доцільно виділяти протягом однієї зміни на підналагодження верстата повинен складати 1 – 1,5 год. Якщо ж фактичний час, що витрачається за зміну на підналагодження, є більшим вказаного, необхідно зменшувати кількість інструментів, які працюють одночасно, для приведення його у оптимальні межі і забезпечення максимальної продуктивності обробки. Крім цього, потрібно враховувати жорсткість технологічної системи, а також те, що одночасне застосування великої кількості інструментів вимагає ускладнення конструкції тримачів і призводить до збільшення тривалості налагодження.

При необхідності виготовлення сталевих деталей з великою різницею діаметрів окремих поверхонь рекомендується застосовувати змішані наладки, що включають, наприклад, твердосплавні різці – для обточування поверхонь великих діаметрів та різці з швидкорізальних сталей – для обробки поверхонь менших діаметрів (при  $v \leq 30$  м/хв). При використанні такого оснащення з'являється можливість реалізації швидкісних режимів різання, забезпечуються нормальні умови для роботи інструментів, а також їх висока стійкість (не менша однієї зміни для умов потоково-масового виробництва).

Кількість інструментів з швидкорізальної сталі та армованих твердим сплавом при їх використанні для швидкісної обробки не повинна перевищувати на кожній з позицій трьох-чотирьох одиниць.

В деяких випадках, наприклад при виготовленні валів, стаканів та інших подібних деталей з невеликою різницею діаметрів ступенів оброблюваних поверхонь доцільно здійснювати їх обточування одним-двома різцями за копіром.

Для переходів, на яких точність обробки не повинна бути нижчою 6–7-го квалітета, необхідно виділяти окремі позиції. Обробку зовнішніх циліндричних поверхонь та торців сталевих заготовок з допусками на биття 0,03 – 0,05 мм, а на діаметри та довжини ступенів – 0,1 – 0,15 мм, слід здійснювати в три переходи; обробку чавунних заготовок – в два переходи. З метою економії основного часу поверхні великої довжини доцільно ділити на ділянки і виконувати їх обробку на двох-трьох позиціях. Крім цього, в аналогічних випадках можна для обробки кожної довгої поверхні застосувати і кілька різців, установлених на одній позиції, припуск між якими рівномірно ділиться за довжиною. Проте використання останнього способу рекомендується тільки при необхідності здійснення чорнового точіння або

розточування, оскільки після реалізації багатоінструментальної обробки на

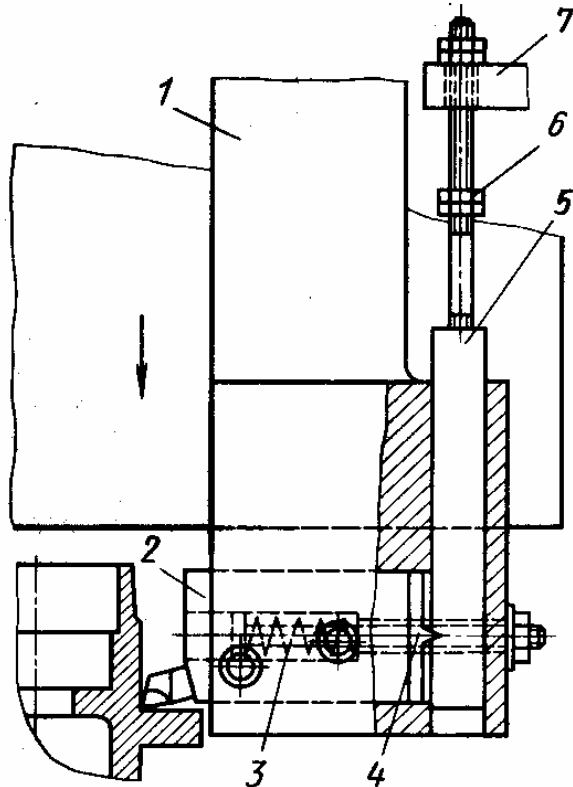


Рис. 5.3. Копіювальний тримач, що забезпечує відведення інструмента від обробленої поверхні наприкінці робочого ходу

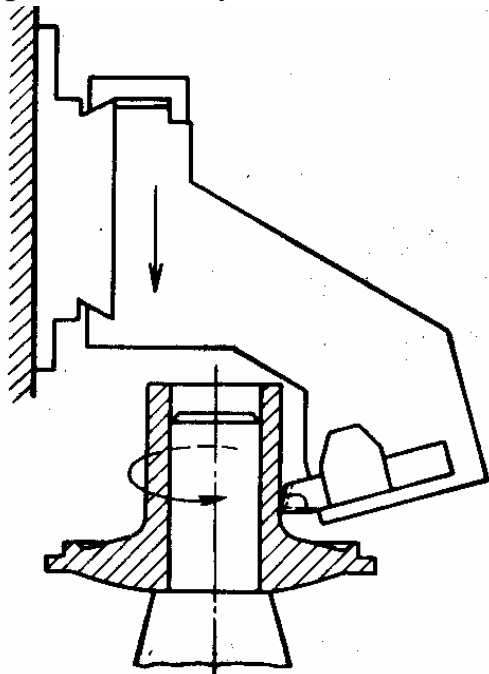


Рис. 5.4. Тримач, що забезпечує компенсацію похибок індексації столу

поверхнях заготовки залишаються сходинок та риски, які є недопустимими для остаточно обробленої деталі.

Для уникнення утворення на обробленій поверхні рисок при зворотному ході супорта доцільне застосування спеціальних копіювальних тримачів, що забезпечують відведення інструментів від заготовки наприкінці робочого ходу (рис. 5.3). Власне тримач 1 оснащений поперечним повзуном 2, на якому закріплений різець. На етапі підведення та робочої подачі супорта загартований виступ 4 повзуна ковзає по поверхні копіра 5 і у граничній нижній за схемою точці переміщення під дією пружини 3 входить у паз копіра, забезпечуючи відведення різця від обробленої поверхні. При зворотному ході супорта копір 5 піднімається до точки, в якій гайки 6 упираються в закріпленій на станині верстата кронштейн 7. Положення гайок 6 регулюють таким чином, щоб забезпечити до завершення зворотного ходу супорта вихід виступу 4 з паза копіра.

Для компенсації похибок індексації столу при остаточної обробці різець установлюють перпендикулярно супорту із закріпленням в спеціальному тримачі (рис. 5.4).

Обробку на напівавтоматах послідовної дії точних внутрішніх та зовнішніх поверхонь здійснюють з використанням плаваючих головок. На хвостовику 1 такої головки (рис. 5.5), закріпленому в тримачі супорта, нерухомо змонтовані дві напрямні планки 2. Необхідне положення повзуна 4 із закріпленими в ньому двома різцями в процесі обробки забезпечується за допомогою



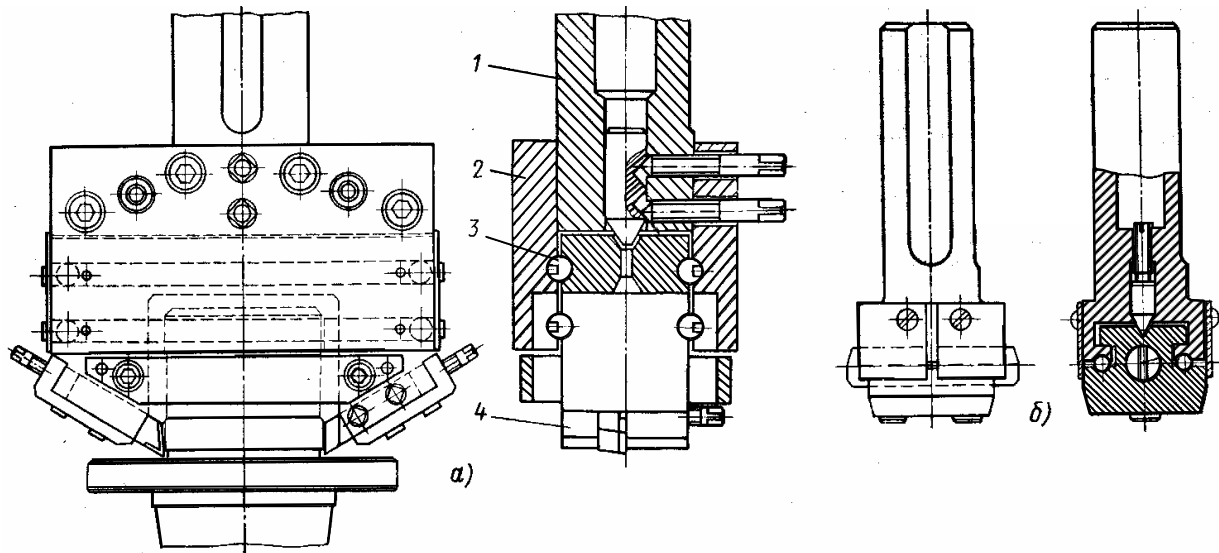


Рис. 5.5. Плаваючі головки конструкції ЗІЛ: а – для обточування; б – для розточування

восьми кульок 3, що можуть вільно переміщуватись відносно напрямних планок 2. Завдяки можливості легкого зміщення повзуна 4 відносно хвостовика 1 усувається похибка індексації верстата.

Для напівчистої обробки отворів у відливках та поковках слід застосовувати зенкери.

Якщо довжина отвору  $L \geq (2 \div 3)d$ , його попередню обробку з метою скорочення основного часу здійснюють на декількох позиціях. Так, для уникнення негативного впливу на точність обробки похибок індексації столу, співвісно розташовані внутрішні поверхні заготовки слід розточувати на одних і тих самих позиціях, оскільки в іншому випадку незбіг їх осей при поворотах столу може досягати 0,03 мм.

Остаточну обробку отворів з точністю, що відповідає 6 – 7-му квалітету, здійснюють після дворазового розточування за допомогою плаваючої або хиткої розвертки. При виконанні центральних отворів діаметром до 25 мм застосовують спеціальний шпиндель. Відносна частота обертання, при якій здійснюється свердління:  $n = 2,5 \cdot n_{ш}$ , де  $n_{ш}$  – частота обертання шпинделя, установлена для даної наладки на верстаті.

Свердління, зенкерування або розвертування отворів, розташованих на певній відстані від осі обертання заготовки, здійснюють з використанням спеціальних багатошпиндельних головок. Відносна нерухомість під час обробки головки та заготовки у горизонтальній площині забезпечується завдяки реалізації їх сумісного обертання.

Окремі отвори, розташовані на заданій відстані від осі обертання заготовки, обробляють свердлами, зенкерами, розвертками, цеківками та зенківками, установленими в інструментальній головці (рис. 5.6). Головку закріплюють на супорті стандартного виконання, що може здійснювати вертикальні переміщення. У розточувальну борштангу 12 головки вмонтований планетарний механізм, до складу якого входять зубчаті коле-

са 2, 11, кришки 4, 5, кульки 7 та ролики 13. Три мірні стояки 6 об'єднують елементи планетарного механізму в одне ціле. На хвостовику зубчатого колеса 2 закріплений осьовий різальний інструмент 3 (зенківка). Частота обертання інструмента

$$n_2 = \frac{z_{11}}{z_2} n_{ш}, \quad (5.1)$$

де  $z_{11}$  – число зубців колеса 11 внутрішнього зачеплення;  $z_2$  – число зубців колеса 2;  $n_{ш}$  – частота обертання шпинделя (заготовки). Передавальне відношення вибирається в межах  $z_{11}/z_2 = 2 \div 8$ .

Установлення інструмента над оброблюваним отвором забезпечується за допомогою уловлювача 10, шпонки 9 та базового пальця 8, закріпленого в середині заготовки 1. На початку циклу обробки після вмикання обертання шпинделя із закріпленою в ньому заготовкою супорт з робочою подачею починає опускатись вниз до зачеплення уловлювача 10 за шпонку 9, внаслідок чого приводяться в обертання зубчаті колеса планетарного механізму та інструмент, який точно установлюється над оброблюваним отвором та обертається у бік, протилежний напрямку обертання заготовки. При подальшому опусканні супорта починається процес різання. Одночасно із зенкуванням за допомогою різців 14, 15 здійснюється розточування верхнього отвору більшого діаметра та зняття фаски. У момент початку обробки уловлювач відходить від шпонки 9 і у подальшому планетарний механізм приводиться в дію від заготовки при її обертанні.

Фасонні та конічні поверхні обробляють із застосуванням універсальних і спеціальних супортів, копіювальних тримачів та складного фасонного інструмента.

При необхідності виготовлення однотипних деталей, що мають майже ідентичні розміри, рекомендується застосовувати групові наладки.

Для збільшення максимальної можливої довжини вертикального переміщення інструмента служать телескопічні супорти (рис. 5.7) або спеціальні пристосування, що експлуатуються в комплекті зі стандартними супортами.

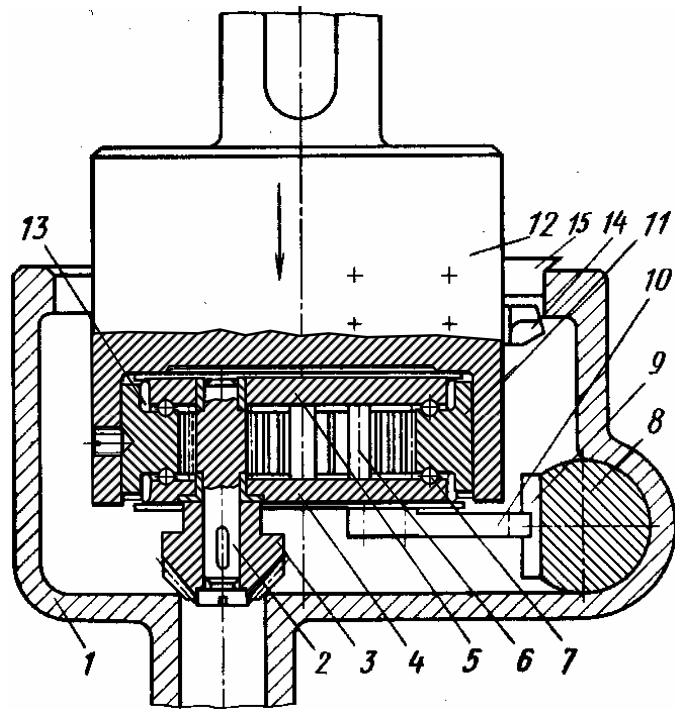


Рис. 5.6. Інструментальна головка конструкції ЗІЛ для обробки отворів, розташованих на заданій відстані від осі обертання заготовки

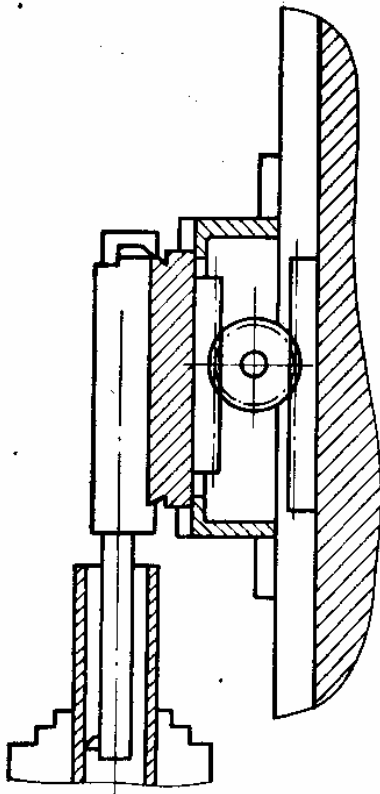


Рис. 5.7. Телескопічний супорт

копіювальних напівавтоматів, тоді як режими різання розраховують для найбільш навантаженої позиції. При розробці схем налагодження для даного обладнання необхідно керуватися тими ж міркуваннями, що і при виконанні аналогічних робіт з підготовки до експлуатації токарних багаторізцевих копіювальних напівавтоматів та вертикальних багатшпindelних напівавтоматів послідовної дії, з врахуванням особливостей кінематики обладнання паралельної дії. Верстати розглядуваного типу доцільно налагоджувати на роботу у дво- або трицикловому режимі. При обробці східчастих валів допускається установа на кожній позиції до 10 різців. З метою розвантаження супортів та шпindelів рекомендується максимально широко використовувати копіювальне точіння.

На рис. 5.9 подана схема налагодження двошпindelного вертикального напівавтомата на обробку заготовки зуб-

З метою скорочення основного часу при розточуванні довгих отворів доцільно використовувати відкидні борштанги (рис. 5.8). На тримачі 5 подібного пристосування, пов'язаного із супортом верстата, шарнірно закріплена розточувальна борштанга 1. При опусканні супорта з прискороною подачею вниз нижня частина борштанги, що на першому етапі робочого циклу відтиснута пружиною 4 у похиле положення, входить в отвір оброблюваної заготовки. В момент вмикання робочої подачі супорта ролик 2 набігає на виступ борштанги 1 і відтискає її у вертикальне положення до контакту з упором 3. Під час робочого ходу здійснюється розточування двох внутрішніх поверхонь заготовок, а також зняття фаски.

#### Розробка схем налагодження для обробки на напівавтоматах паралельної дії

Наладки проектують нібито для декількох за кількістю шпindelів багаторізцевих одношпindelних ко-

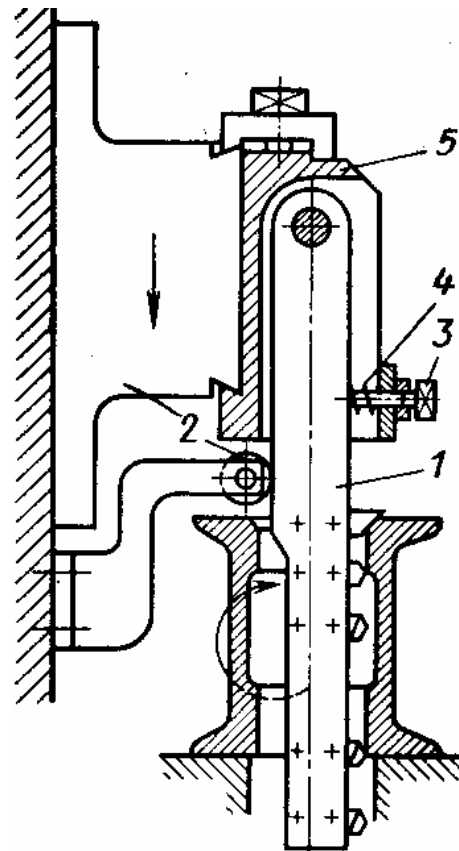


Рис. 5.8. Відкидна борштанга конструкції ЗІЛ

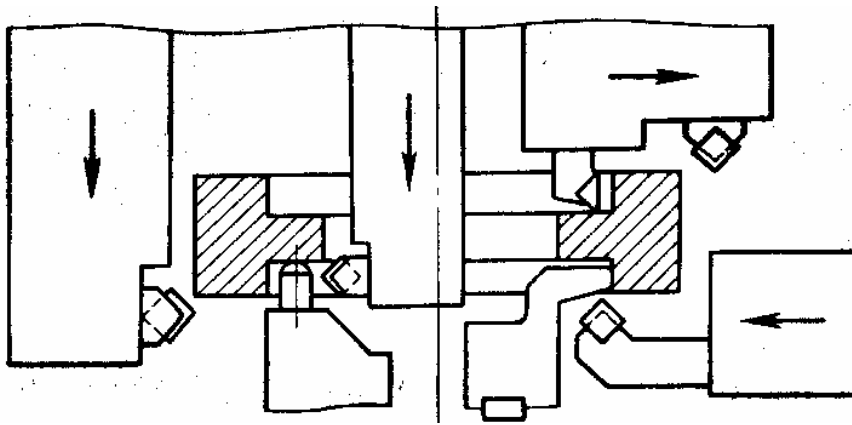


Рис. 5.9. Схема налагодження двошпindelного вертикального напівавтомата для обробки заготовки зубчатого колеса

чатого колеса, в якій використані різці з механічним кріпленням непереточуваних твердосплавних пластин, а також спеціальний вбудований супорт для підрізання нижнього торця заготовки.

### 5.2. Хід роботи

1. Ознайомитись з призначенням, класифікацією, основним оснащенням, типовими робочими циклами та спеціальними пристосуваннями багатошпindelних вертикальних токарних напівавтоматів.

2. Вивчити рекомендації щодо налагодження напівавтоматів.

3. Згідно із номером варіанта, вказаним викладачем, виписати з табл. 5.1 вихідні дані і для заданого виду обробки нецентрального отвору розрахувати оптимальні подачу та частоту обертання осьового різального інструмента [6]. За формулою (5.1) визначити частоту обертання шпинделя та підібрати числа зубців коліс  $z_{11}$ ,  $z_2$  інструментальної головки (див. рис. 5.6). Найближчі оптимальні паспортні значення частоти обертання шпинделя та вертикальної подачі супорта обчислити за даними технічної характеристики верстата моделі 1286-6 [2] та з використанням довідкових таблиць [3].

4. Закріпити в шпинделі вертикально-фрезерного верстата моделі 6Н11Г осьовий різальний інструмент для виконання обробки згідно із завданням попереднього пункту та настроїти верстат на визначені шляхом розрахунку оптимальні частоту обертання шпинделя та вертикальну подачу столу. Під керівництвом та у присутності викладача виконати обробку заданих поверхонь заготовки.

### 5.3. Зміст звіту

Навести в звіті виконаний розрахунок режиму різання, частоти обертання шпинделя та чисел зубців коліс інструментальної головки.

### 5.4. Контрольні запитання

1. Яких типів бувають багатошпindelні вертикальні токарні напівавтомати?
2. Для виконання яких операцій вони використовуються?
3. Супортами яких типів можуть оснащуватись напівавтомати?

Таблиця 5.1

Вихідні дані для визначення режиму різання при  
обробці нецентрального отвору осьовим інструментом  
та конструктивних параметрів інструментальної головки

Вариант	Вид обробки	Твердість оброблюваного матеріалу (сталі) в одиницях НВ	Припуск на сторону/ розмір фаски/ глибина різання, мм
1	Свердління	160	6
2	Зенкерування	180	3
3	Розвертування	140	1
4	Зенкування	260	2×45°
5	Цекування	280	2
6	Свердління	320	12
7	Зенкерування	220	2
8	Розвертування	200	1,5
9	Зенкування	160	1×45°
10	Цекування	190	3
11	Свердління	250	8
12	Зенкерування	270	2,5
13	Розвертування	300	0,5
14	Зенкування	280	1,5×45°
15	Цекування	240	4
16	Свердління	180	6
17	Зенкерування	170	3
18	Розвертування	210	1
19	Зенкування	230	2×45°
20	Цекування	240	2
21	Свердління	320	12
22	Зенкерування	300	2
23	Розвертування	290	1,5
24	Зенкування	190	1×45°
25	Цекування	220	3

4. Які спеціальні супорти застосовують при обробці на напівавтоматах?

5. Згідно із якими режимами можуть працювати супорти напівавтоматів?

6. Які вимоги та рекомендації необхідно враховувати під час налагодження багатошпindelних вертикальних токарних напівавтоматів послідовної дії?

7. Які методи та пристосування використовують для підвищення точності обробки на напівавтоматах?

## Лабораторна робота №6. Обробка на вертикально- і радіально-свердлильних верстатах

**Мета роботи:** ознайомитись з технологічними можливостями свердлильних верстатів, способами свердління, видами свердел та областю їх застосування, схемами та оснащенням для виконання на даному обладнанні операцій зенкерування, розвертування, різьбонарізання, зняття фасок в отворах, обробки фасонних отворів, канавок, зовнішніх поверхонь, здійснення багатоперехідної обробки; засвоїти практичні навички установаження та вивірення положення заготовки, інструмента та пристосувань для виконання операцій свердління та розвертування.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** універсальний вертикально-свердлильний верстат моделі 2A113, свердла, розвертки, кондукторні та мірні плити, пластини, регулювальні гвинти, кріпильні болти, гайки, шайби, заготовки корпусних деталей.

### 6.1. Теоретичні відомості

На свердлильних верстатах окрім основних для обладнання даної групи операцій свердління, зенкерування, розвертування і зняття фасок, виконують підрізання торців, розточування отворів та канавок, обточування зовнішніх циліндричних і конічних поверхонь, нарізання і накатування різьби, обкатування і розкочування поверхонь різної конфігурації. Виконання декількох переходів обробки за один робочий хід комбінованим інструментом, а також швидкозмінне закріплення інструмента дозволяють скоротити машинний і допоміжний час при експлуатації даного обладнання.

#### Вибір способу свердління

При виборі способу свердління (рис. 6.1) враховують діаметр, глибину та точність оброблюваного отвору, розташування його осі, марку матеріалу заготовки та ряд інших факторів [7].

Спіральні свердла (рис. 6.1, а) при використанні їх з кондукторами, забезпечують точність розташування отворів  $\pm 0,15$  мм, однак в даному випадку, внаслідок великого вильоту інструмента знижується його стійкість. При достатній жорсткості шпинделів верстатів бажано не використовувати кондуктори, що дозволяє зменшити виліт інструмента з патронів, а також забезпечує можливість регулювання його довжини після переточування. Биття різальних кромки, утворення наросту, відхилення від співвісності свердла та оброблюваного отвору призводять до збільшення діаметра останнього у порівнянні із номінальним діаметром  $d$  інструмента на величину  $(0,05 + 0,12d)$  мм, а стирання стрічок свердла, утворення зворотного конусу при переточуваннях та усадка матеріалу заготовки є основними причинами зменшення діаметра отвору. Доцільно призначати відхилення діаметра отвору після свердління з допуском  $\pm$ , для чого номінальний діаметр свердла приймають рівним  $d + \Delta$ , де  $\Delta$  вибирається залежно від допуску на

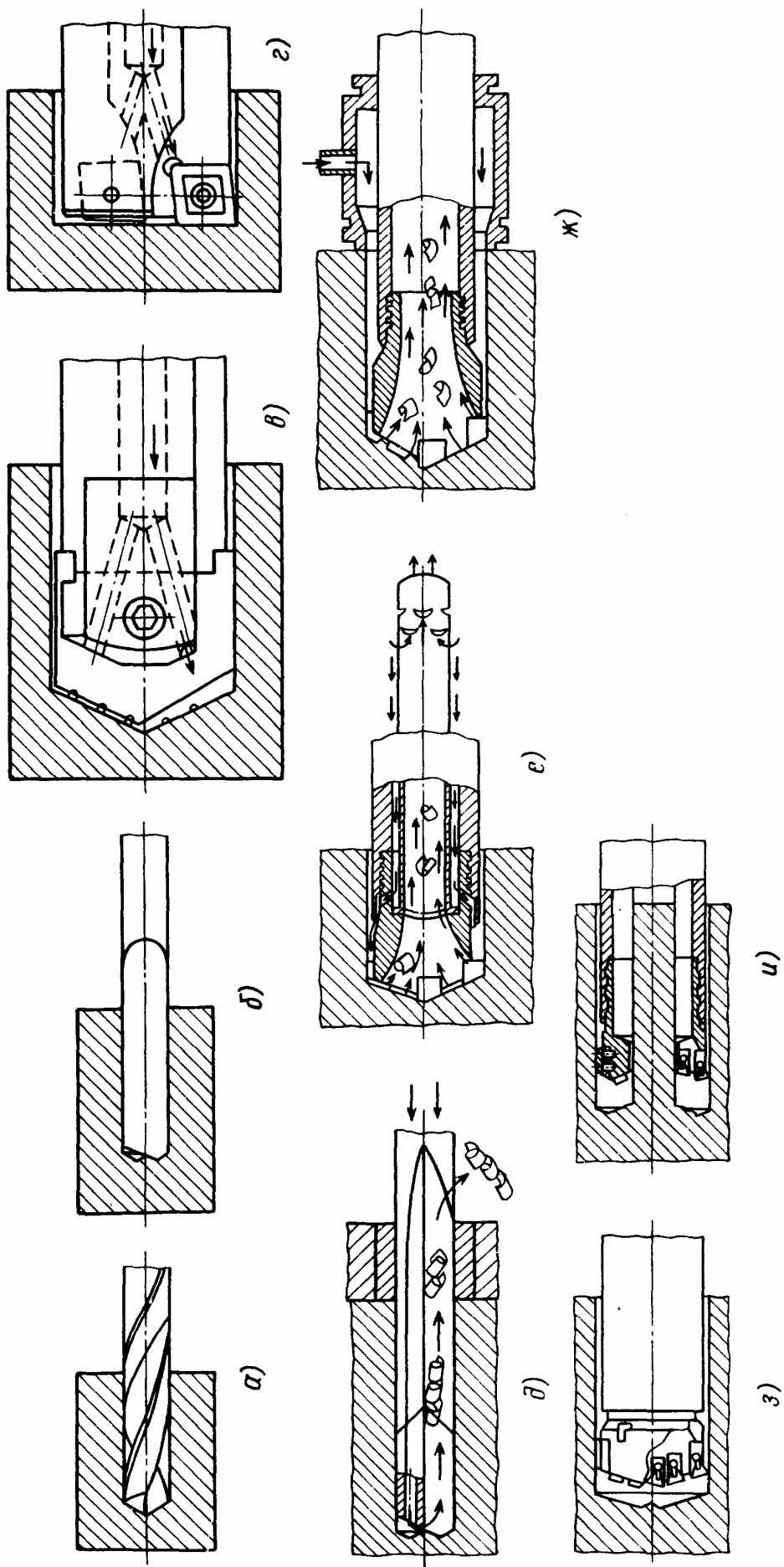


Рис. 6.1. Схеми свердління (стрілками показаний напрямок подачі ЗОР)

діаметр отвору [7]. При обробці на верстатах з ЧПК і підвищених вимогах до точності отворів використовують свердла точного виконання зі шліфованими канавками. Глибокі отвори в заготовках з чавуна обробляють спіральними свердлами з плавним переходом між вершиною та циліндричною частиною. Подрібнення стружки при обробці заготовок із в'язких сталей досягають при застосуванні свердел з підточеними порошками на передній поверхні, свердел зі спеціальною східчастою стружковою канавкою або шляхом періодичного переривання подачі в процесі різання. При важких умовах обробки, наприклад під час свердління косих глибоких масляних отворів у колінчастих валах, застосовують свердла зі стовщеною підточеною перемичкою [ $\mathbf{b} \approx (0,3 \div 0,4) \cdot \mathbf{d}$ ], кутом підйому гвинтової лінії  $\omega \approx 36^\circ$  та кутом при вершині  $2\phi \approx 100^\circ$ , а також шнекові спіральні свердла підвищеної жорсткості [ $\omega = 50^\circ \div 65^\circ$ ;  $\mathbf{b} = (0,30 \div 0,35) \cdot \mathbf{d}$ ;  $2\phi = 120^\circ \div 130^\circ$ ; профіль стружкових канавок – кутовий].

Напівкруглі свердла (рис. 6.1, б), які є різновидом свердел одностороннього різання (рушничних), придатні для обробки заготовок з матеріалів, що дають коротку ламку стружку (латуней, бронз, чавунів). Напівкругле свердло являє собою циліндричний стержень зі швидкорізальної сталі або твердого сплаву, передня поверхня робочої частини якого розташована вище центра на 0,03 – 0,08 мм і паралельно осі. Головний кут в плані забірної частини  $\phi = 30^\circ$  на довжині  $0,25 \cdot \mathbf{d}$ , а допоміжний кут у плані  $\phi_1 = 20^\circ$ . Таким чином, головна різальна кромка, нібито розточує отвір, а допоміжна – обточує конус у центральній частині. Для виконання глухих отворів використовують свердла, у яких на ділянці, що виходить за вісь на 0,1 – 0,3 мм:  $\phi = 0^\circ$ , а  $\phi_1 = 10 \div 15^\circ$  (таке заточення свердел називається торцевим). Напівкруглі свердла відрізняє підвищена жорсткість, простота виготовлення (у тому числі і тих, що призначені для обробки східчастих отворів), а також можливість роботи без ЗОР. Крім цього, при обробці таким інструментом забезпечується досить точне розташування осі оброблюваного отвору. У початковий період свердління, доти поки циліндрична частина інструмента не увійде в отвір, його діаметр може збільшитись дещо більше, ніж потрібно. Вказаний недолік усувають шляхом направлення свердла по кондукторній втулці або в попередньо виконаному неглибокому отвору. Напівкруглі свердла зі швидкорізальної сталі або твердого сплаву працюють при тих же швидкостях різання, що і спіральні свердла, але зі зменшеною вдвічі подачею.

Пластинчасті свердла (рис. 6.1, в) – прості за конструкцією інструменти для свердління в суцільному металі або розсвердлювання грубих отворів. Свердла центрують в замковій частині та фіксують гвинтом в оправці, через канали в якій в зону різання подають ЗОР. Направлення пластинчастого свердла по кондукторній втулці у початковий момент обробки забезпечує підвищення точності розташування осі отвору. Втулку закріплюють на відстані не більшій  $0,3 \cdot \mathbf{d}$  від торця оброблюваної заготовки. Довгі отвори рекомендується свердлити за два переходи без попереднього



центрування. При цьому на першому переході свердління на глибину  $(1,5 \div 2) \cdot d$  рекомендується застосовувати короткі жорсткі оправки, тоді як на другому переході свердління на всю довжину – довгі оправки. Для свердління в суцільному металі необхідно, щоб верстат мав достатні жорсткість та потужність. Наприклад, при свердлінні отвору  $d = 100$  мм у заготовках з м'якої сталі  $v = 18$  м/хв;  $s_o = 0,5$  мм/об; осьова сила  $P_o \approx 36$  кН;  $M_{кр} \approx 140$  Н·м;  $N \approx 8$  кВт. Попереднє свердління отвору діаметром  $(0,5 \div 0,7) \cdot d$  з його подальшим розсвердлюванням до діаметру  $d$  дозволяють знизити силу різання та потужність, яка потрібна для здійснення остаточної обробки. Швидкість різання при використанні пластинчастих свердел зі звичайної швидкорізальної сталі складає  $0,7 - 0,8$  швидкості різання при роботі спіральних свердел. Застосування подачі  $s_o = 0,4 \div 1,25$  мм/об сприяє кращому подрібненню стружки.

Свердла зі змінними багатограними пластинами (ЗБП) (рис. 6.1, г) застосовують для швидкісного свердління у суцільному металі або розсвердлювання неглибоких отворів на верстатах, що мають достатні жорсткість та потужність. Наприклад, при свердлінні отвору  $d = 50$  мм в заготовках з легованої сталі  $v = 100$  м/хв;  $s_o = 0,25$  мм/об; осьова сила  $P_o \approx 8$  кН;  $N \approx 14$  кВт. Режими різання наведені у [7].

Рушничні свердла – інструмент одностороннього різання із зовнішнім відведенням ЗОР (рис. 6.1, д) використовують для свердління в суцільному металі коротких або довгих отворів при жорстких вимогах до параметрів шорсткості їх поверхні, точності геометричних параметрів та розташування осі. Найкращим режимом при роботі таких свердел є такий, при якому реалізуються швидке обертання інструмента та повільне обертання заготовки у протилежних напрямках. Свердло точно направляють по твердосплавній втулці, при цьому зазор між втулкою та торцем оброблюваної заготовки повинен бути мінімальним. Під час свердління застосовується фільтрована ЗОР, максимальний розмір механічних частинок в якій не повинен перевищувати  $10 - 20$  мкм.

Свердла ВТА (рис. 6.1, е) являють собою інструмент одностороннього різання з внутрішнім відведенням ЗОР.

Ежекторні свердла, призначені для високопродуктивної обробки отворів, складаються з коронки, що не переточується, оснащеної напаяними твердосплавними пластинами (рис. 6.1, ж) або ЗБП (рис. 6.1, з) та двох трубок. При подачі ЗОР в простір між стінками трубок, вона проходить також і скрізь отвори в різьбовому хвостовику, охолоджує різальні кромки та напрямні планки, а потім разом зі стружкою спрямовується через сопло в центральну порожнину внутрішньої трубки і далі – у приймальний бак. Інша частина ЗОР проходить в центральну порожнину через щілини у внутрішній трубці, що забезпечує створення розрідження та відсмоктування стружки. Режими різання для свердел ВТА та ежекторних наведені у [7].

Трепанувальні свердла (рис. 6.1, и) служать для виконання кільцевих отворів у суцільному матеріалі. Як відходи при цьому залишаються стержень та порівняно невелика кількість стружки. ЗОР подається через інструмент, а стружка виходить назовні або всередину. Трепанувальні свердла виконують зі швидкорізальної сталі, з напаяними твердосплавними пластинами або із ЗБП. При кільцевому свердлінні інструментом із ЗБП отвору  $d = 300$  мм у заготовці з легованої сталі з НВ  $200 \div 275$ :  $v = 10$  м/хв;  $s_0 = 0,25$  мм/об; осьова сила  $P_0 \approx 23$  кН; потужність  $N \approx 55$  кВт.

### Зенкерування

Зенкерування – попередня обробка литих, штампованих або просвердлених отворів перед подальшим розвертуванням, розточуванням або протягуванням. Однак при заданих точності розмірів отворів після обробки, що відповідає 11 – 13-му квалітету, та параметрі шорсткості оброблених поверхонь  $Ra = 10 \div 5$  мкм зенкерування може бути і остаточною операцією. На ескізах деталей діаметри отворів після зенкерування бажано призначати з відхиленням  $\pm$ , наприклад  $18_{-0,035}^{+0,24}$ , а для обробки застосовувати зенкер, діаметр якого є на величину  $\Delta$  [7] більшим номінального діаметра. Для підвищення точності оброблюваного отвору зенкери в процесі різання направляють по кондукторах. Торцеве заточування інструмента із забезпеченням кута  $2\phi = 180^\circ$  також сприяє зменшенню його уведення.

### Розвертування

Розвертування – чистова обробка отворів з точністю, відповідною 7 – 11-му квалітету, яка не призводить до зміни положення їх осей. Для виконання отворів, що перетинають пази, а також при необхідності усунення огранювання застосовують розвертки з лівим напрямком гвинтових канавок, непарним числом зубців та нерівномірним кутовим кроком. Отвори з параметром шорсткості поверхні  $Ra = 5$  мкм розвертають після свердління з припуском на діаметр  $0,3 \div 0,5$  мм; з  $Ra = 2,5$  мкм – після зенкерування з припуском  $0,25 \div 0,4$  мм; з  $Ra = 1,25$  мкм – після чорнового розвертування з припуском  $0,15 \div 0,25$  мм (менше значення для отворів  $d \leq 10$  мм, більше для отворів з  $d > 30$  мм). Допуск співвісності двох або декількох отворів одного діаметра забезпечують обробкою їх „у лінію”. При цьому попереднє свердління отвору здійснюють напрохід або з двох сторін з поворотом кондуктора, а зенкерування та розвертування – за один робочий хід, з використанням інструмента, оснащеного верхньою та нижньою напрямними. Довжину напрямних вибирають такою, щоб в момент початку обробки вони входили як у верхню, так і в нижню кондукторні втулки. Зенкери закріплюють в плаваючих або в швидкознімних патронах. Розвертування виконують аналогічно зенкеруванню; допускається розвертування без застосування нижньої напрямної. При достатньо великій відстані між отворами або при знижених вимогах до допуску співвісності (H7/d9, H9/d10, H11/d11) для зменшення довжини інструмента застосовують зенкери і

розвертки з укороченими нижніми напрямними, що входять у нижні кондукторні втулки тільки при обробці останнього отвору в заготовці. Якщо нижній оброблюваний отвір є глухим, інструмент направляють по втулці, вмонтованій у проміжок між ступінцями. Зенкерування і розвертування „в лінію” отворів різного діаметра виконують за допомогою східчастого інструмента. При високих вимогах до параметрів шорсткості поверхні ( $Ra = 1 \div 0,1$  мкм) і точності (відповідній 6 – 7-му квалітету) застосовують однолезові вирівнювальні розвертки „Мапал” (ФРН) із ЗБП та напрямними твердосплавними планками (рис. 6.2), діаметром 8 – 80 мм, при роботі яких ЗОР подається по внутрішніх каналах інструмента під тиском 0,4 – 0,6 МПа. При обробці заготовок з металів, що дають зливну стружку, припуск на розвертування має складати в середньому 0,3 мм на діаметр, при обробці ламких матеріалів – 0,4 мм. Застосовується двостороння твердосплавна різальна пластина з переднім кутом  $\gamma = 0^\circ$  – для ламких металів і  $\gamma = 12^\circ$  – для металів, що дають зливну стружку. Положення пластини у радіальному напрямку регулюють за допомогою двох гвинтів таким чином, щоб вона виступала за контур напрямних планок на 0,01 – 0,04 мм і забезпечувала зворотний конус за довжиною пластини 0,01 – 0,02 мм. Наприклад, для одержання отвору діаметром  $20^{+0,021}$  мм діаметр напрямних планок повинен бути  $19,99_{-0,005}$  мм, а вершину різальної пластини потрібно висунути ще на 0,02 мм далі, тобто настроїти її положення на діаметр

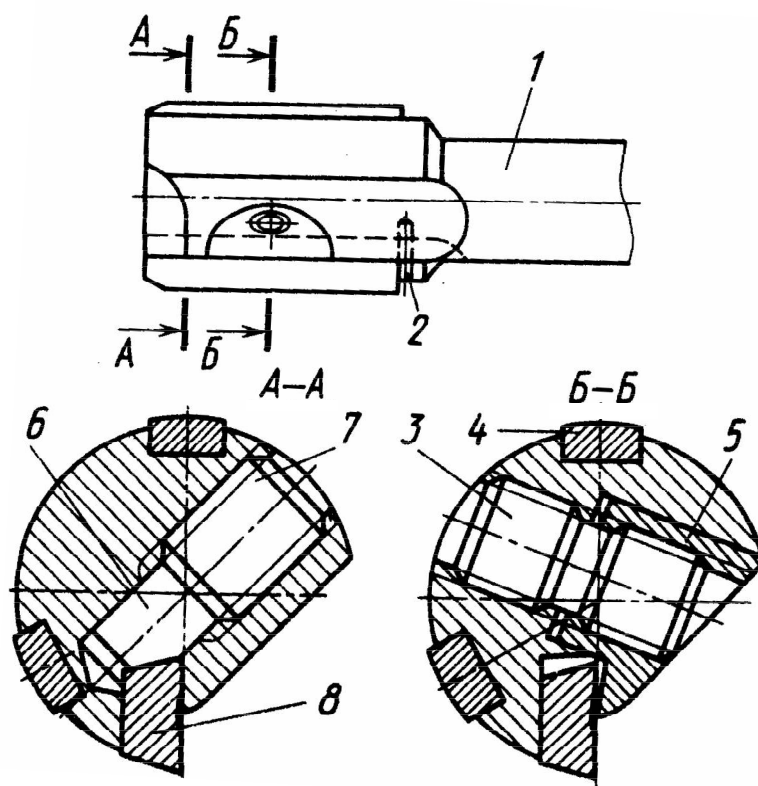


Рис. 6.2. Однолезова розвертка „Мапал”: 1 – корпус; 2 – упорний штифт; 3 – кріпильний гвинт; 4 – твердосплавна планка; 5 – притискач; 6 – сухар; 7 – регулювальний гвинт; 8 – твердосплавна різальна пластина

20,01<sub>-0,005</sub> мм. Регулювання положення пластини здійснюють у центрах спеціального контрольного пристосування за індикаторами з ціною поділки 1 мкм. В осьовому напрямку положення пластини не регулюється, при цьому її торець повинен виступати за торець напрямних планок на 0,2 – 0,4 мм, тобто на дещо більшу величину, ніж значення подачі на оберт. Закріплюють пластину за допомогою притискної планки та гвинта, що має праву та ліву різьбу. При довжині забірної частини 7 мм  $v = 4 \div 10$  м/хв;  $s_0 = 0,2 \div 0,5$  мм/об; при довжині цієї ж самої частини 1,3 ÷ 3 мм  $v = 20 \div 100$  м/хв;  $s_0 = 0,1 \div 0,3$  мм/об. Розвертки закріплюють плаваючому патроні; направлення їх в процесі роботи по кондукторній втулці не використовують. Режими різання при обробці однолезовими розвертками „Мапал” наведені у [7].

На відміну від розверток „Мапал” твердосплавні гарматні розвертки є суцільним інструментом. Вони містять переміжні шліфовані різальні та напрямні зубці (стрічки) однакового діаметра. Забірна фаска різальних зубців виступає за фаску напрямних зубців на величину, що дещо перевищує подачу на оборот. При  $d = 10$  мм число різальних та напрямних зубців  $z = 4$ ; при  $d = 25$  мм  $z = 6$ . Ретельно очищену ЗОР подають в зону різання через канали в інструменті під тиском 0,4 – 0,6 МПа. Задані точність діаметра отвору та розташування його осі забезпечують шляхом направлення інструмента по твердосплавній втулці, максимально наближеної до торця заготовки при зазорі на діаметр 2 – 3 мкм. При обробці заготовок з чавуну  $v = 90 \div 110$  м/хв;  $s_0 = 0,14 \div 0,15$  мм/об.

Розвертки, оснащені брусками з надтвердих матеріалів (НТМ) застосовують для обробки неповних точних отворів або отворів, що перетинають поперечні канали в заготовках деталей гідроагрегатів та інших виробів з відхиленням фактичної величини діаметра до 5 мкм і параметром шорсткості поверхні  $Ra = 0,5 \div 0,3$  мкм. Розвертка являє собою загартовану сталеву оправку, на конічний ступінь якої насаджена чавунна втулка зі спіральним розрізом і подовжніми канавками. Фіксація втулки забезпечується гайкою, що нагвинчується на різьбовий ступінь оправки. На поверхні втулки закріплюють бруски, виготовлені з дрібнозернистих полікристалічних синтетичних алмазів або кубічного нітриду бора. При  $d \geq 20$  мм використовують тонкостінну сталеву розрізану вздовж втулку, на поверхні якої припаяні чотири бруски з НТМ, що можуть застосовуватись також і при хонінгуванні (рис. 6.3). Конус у втулці відповідає конусу оправки (обидві деталі ретельно притерті одна по одній), що дозволяє регулювати за допомогою гайки осьове зміщення втулки відносно оправки і таким чином – змінювати діаметр розвертки. Звичайно її закріплюють у плаваючому патроні. При обробці отвору в заготовці деталі гідроагрегата із сірого чавуну СЧ 20, висотою 105 мм і діаметром  $25^{+0,08}$  мм (з діленням поля допуску на 20 груп) з використанням алмазної розвертки, останню налагоджують в інтервалі діаметрів однієї з груп з відхиленням 4 мкм. Попередній отвір обробляють двоступінчастою твердосплавною розверткою з припуском

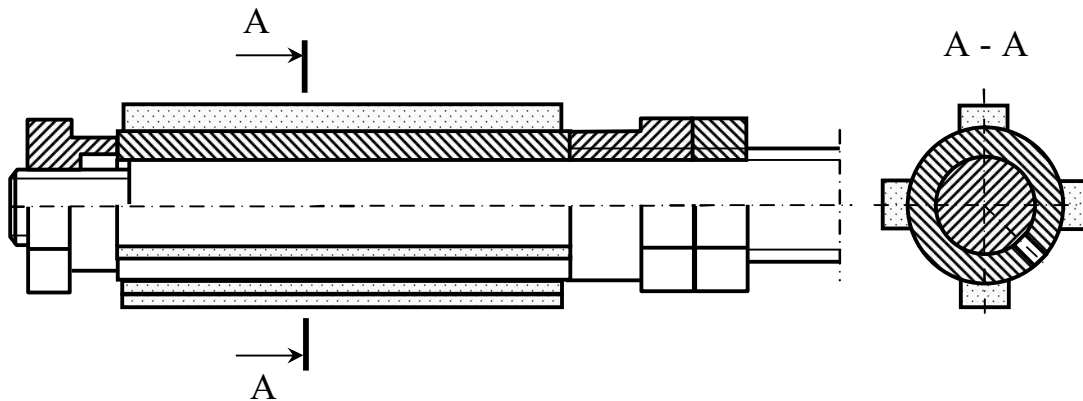


Рис. 6.3. Розвертка з брусками НТМ

0,03 мм на діаметр під напівчистове розвертування інструментом з алмазними брусками АСМ60/40. Алмазна розвертка з брусками АСМ28/20 знімає припуск 0,010 – 0,012 мм на діаметр. Розвертування проводять за 1 – 3 подвійні ходи з подачею ЗОР поливанням або через інструмент;  $v = 20$  м/хв;  $s_0 = 1 \div 4,5$  мм/об. Стійкість розвертки до регулювання – приблизно 400 отворів; сумарне напрацьовування – приблизно 70 тис. отворів.

Конічні отвори обробляють у кілька переходів залежно від величини конусності (рис. 6.4). Так, отвори з конусністю  $K$  від 1:50 до 1:30 після свердління до діаметра  $d_c = d_k - (0,2 \div 0,3)$  обробляють конічними розвертками до діаметра  $d_k$ . Отвори з конусністю  $K$  1:20 спочатку свердлять до діаметра  $d_c = d_k - (0,3 \div 0,5)$ , а потім обробляють послідовно двома коніч-

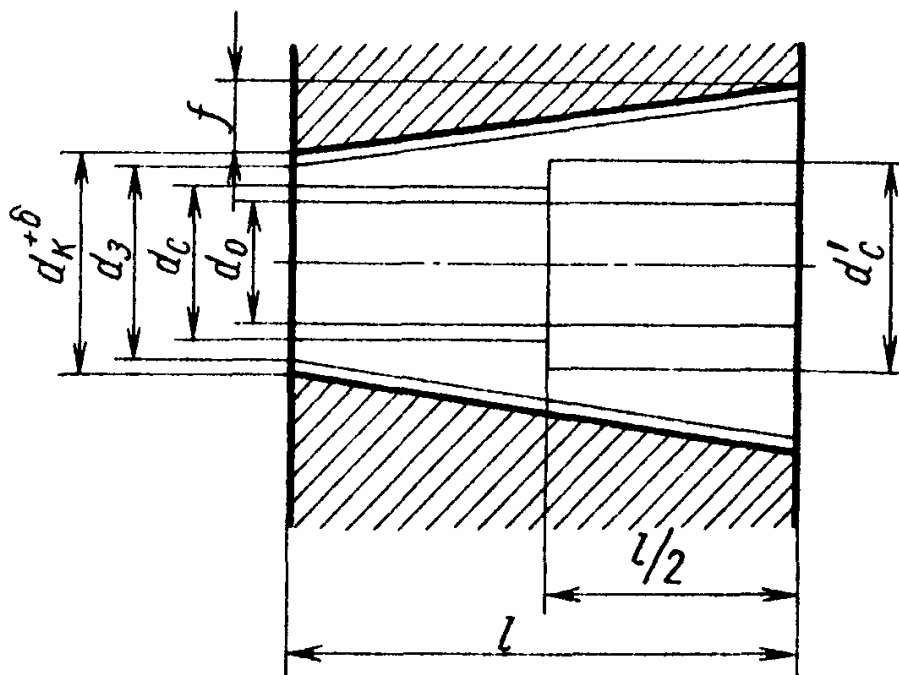


Рис. 6.4. Схема обробки конічних отворів; діаметри:  $d_0$  – литого або штампованого отвору;  $d_c$  та  $d'_c$  – після свердління;  $d_3$  – після конічного зенкера;  $d_k$  – після конічної розвертки;  $l$  – довжина отвору;  $K = 2f/l$  – конусність отвору

ними розвертками до діаметра  $d_k$ . Отвори з конусністю  $K$  від 1:16 до 1:8 свердлять до діаметра  $d_c = d_k - (1 \div 1,2)$ , обробляють конічним зенкером до діаметра  $d_3 = d_k - (0,3 \div 0,5)$  і розвертають конічною розверткою до діаметра  $d_k$ . У заготовок з отвором діаметром  $d_c = d_k - (3 \div 5)$  зенкерують циліндричний отвір діаметром  $d_c' = d_k - (1 \div 1,2)$ , потім зенкерують конічний отвір діаметром  $d_3 = d_k - (0,3 \div 0,5)$  і конічний отвір до діаметра  $d_k$ . Перед обробкою конічним зенкером доцільно попередньо свердлити або зенкерувати східчастий отвір з діаметром другого ступеня  $d_c' = d_k + 0,5 \cdot K - (1 \div 1,2)$ . Для праворізальних конічних інструментів рекомендується лівий нахил гвинтових зубців під кутом  $30 - 45^\circ$ . При  $\delta/K \geq 8$  використовують верстатний упор, що обмежує осьове переміщення інструмента; при  $\delta/K < 0,8$  (ручна подача) застосовують упорні оправки, які забезпечують вимикання осьової подачі інструмента при його упорі в торець заготовки або в кондукторну втулку ( $\delta$  – допуск на діаметр отвору, мм). При відносно жорстких вимогах до точності оброблюваного конічного отвору (прилягання калібру-пробки по фарбі на поверхні не менше 75 %) застосовують конічні однолезові вирівнювальні розвертки „Мапал”. Припуск після попереднього розвертування звичайною конічною розверткою 0,4 – 0,6 мм на діаметр;  $v = 6 \div 8$  м/хв;  $s_0 = 0,4 \div 0,6$  мм/об. Циліндричні і конічні отвори з параметром шорсткості поверхонь  $Ra = 0,5 \div 0,15$  мкм після розвертування обробляють роликowymi розкатками.

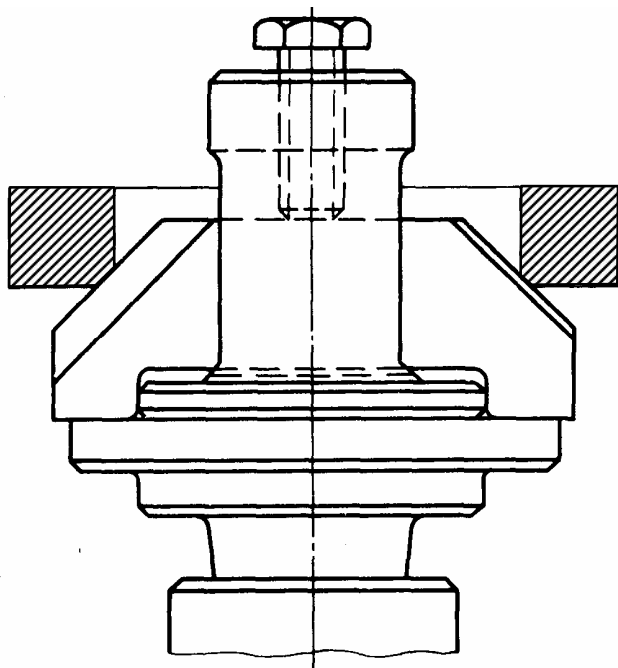


Рис. 6.5. Пластинчаста зенківка для зняття фаски в отворі великого діаметра

допомогою штифта, що переміщується в отворі, використання зенківок з непарним та нерівномірним кроком зубців, а також зі стрічками на задній

### Зняття фасок в отворах

Зняття фасок в отворах не викликає технологічних труднощів, якщо має бути забезпечений параметр шорсткості поверхні  $Ra \geq 10$  мкм і не обумовлюється строге розташування осі. При діаметрі отвору до 10 мм фаски знімають свердлом з відповідним кутом при вершині; при діаметрі отвору 10 – 40 мм – зенківкою; при діаметрі понад 40 мм – пластинчастою зенківкою (рис. 6.5). В процесі зняття фасок часто виникають вібрації інструмента та заготовки, що призводить до утворення на оброблюваній поверхні рифлень. Направлення інструмента по кондукторній втулці або за

поверхні шириною 0,1 – 0,2 мм без заднього кута, зниження подачі та

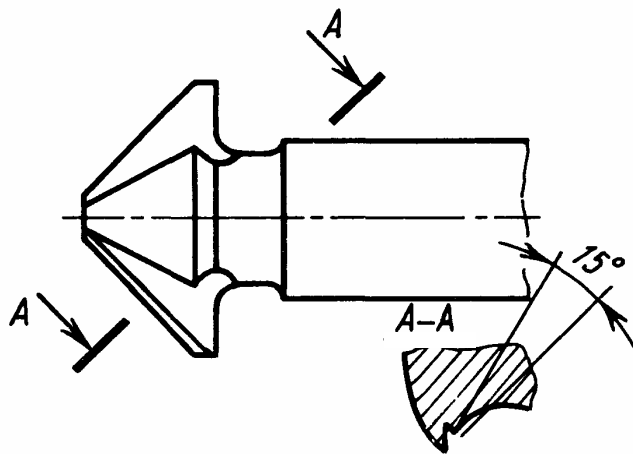


Рис. 6.6. Зенківка з конічною поверхнею стружкових канавок

вирівнювання забезпечують поліпшення якості оброблюваної поверхні. При обробці заготовок з металів, що дають зливну стружку (алюміній, латунь і т.п.), фаски знімають тризубими затилованими зенківками (рис. 6.6) з переднім кутом  $\gamma = 15^\circ$  та стружковими канавками, утвореними кінчною поверхнею. Завдяки використанню інструмента з радісною канавкою змінного профілю та з відповідними, вказаними вище геометричними параметрами, досягаються:

параметр шорсткості поверхні фасок  $Ra = 1,25$  мкм і легке відокремлення стружки у вигляді коротких завитків, що не забивають канавку.

Якщо параметр шорсткості  $Ra$  поверхні фаски не повинен перевищувати 1,25 мкм, то для її обробки застосовують конічні розкатки. Зняття фасок часто поєднують зі свердлінням отвору (при цьому використовують східчастий інструмент), з цекуванням за допомогою комбінованих цеківок торця заготовки, або з центруванням під подальше свердління отвору. Діаметр  $d_3 = d + 2C$  (рис. 6.7), де  $d$  – діаметр отвору;  $C$  – розмір фаски.

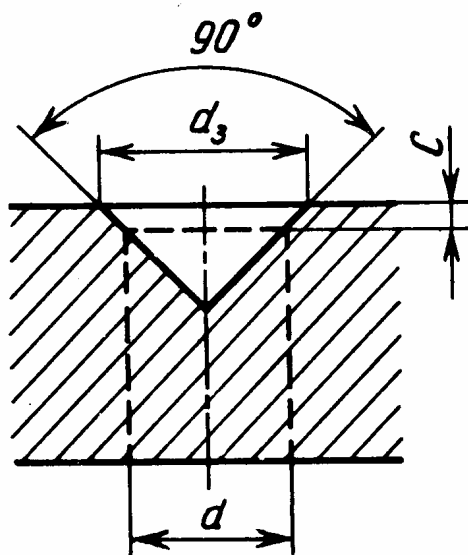


Рис. 6.7. Схема центрування зі збереженням фаски після свердління

Зняття фасок за одну операцію для притуплення гострих кромek на торцях і у вушках вилок при діаметрах отворів 5 – 30 мм здійснюють за допомогою пружинних зенківок при прямому і зворотному ході інструмента (рис. 6.8). З внутрішньої сторони каналів, що виходять у центральний отвір, фаски знімають кулько- або веретеноподібними борами-фрезами при установленні оброблюваної заготовки під відповідним кутом (рис. 6.9). Для закруглення кромки отвору (рис. 6.10) за умови обмеження радіуса  $r$  дотичними під кутом  $\phi > 10^\circ$  застосовують профільні затиловані інструменти. Зняття фасок в отворах трубок невеликого діаметра поєднують зі зняттям зовнішніх фасок за допомогою пластинчастої зен-

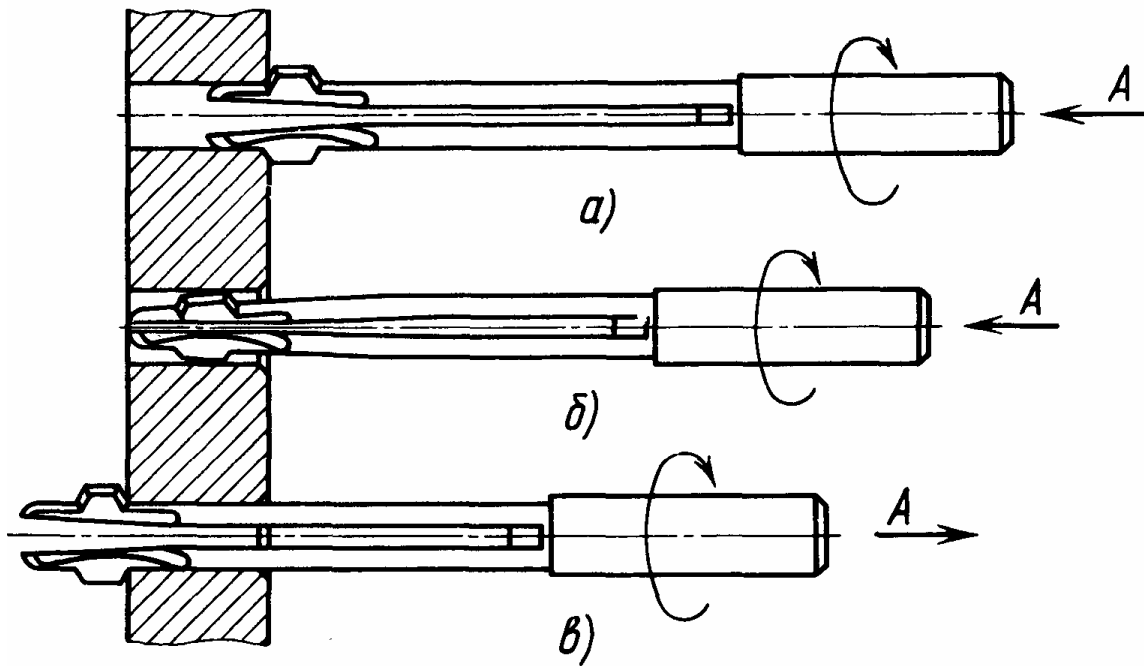


Рис. 6.8. Схеми роботи пружинної зенківки: а – зняття фаски із зовнішнього торця заготовки; б – проміжне положення зенківки; в – зняття фаски з внутрішнього торця; А – напрямок подачі

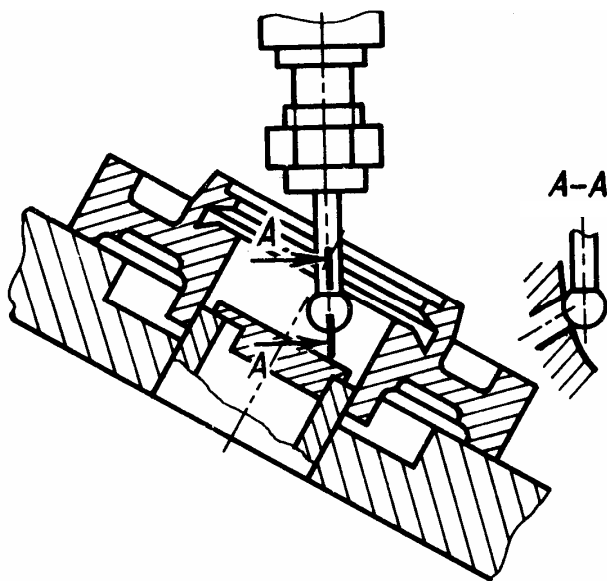


Рис. 6.9. Схема зняття фаски в ко-  
сому каналі

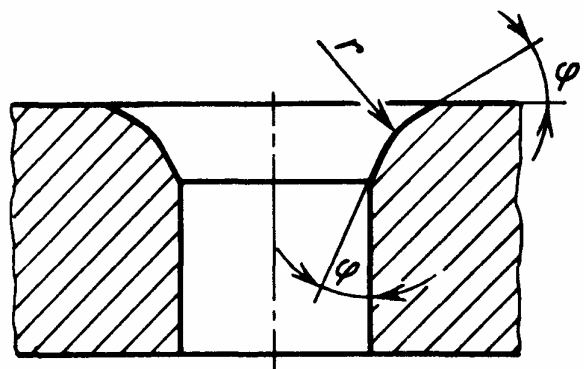


Рис. 6.10. Схема скруглення кромки отвору

ківки, закріпленої в корпусі оправки (рис. 6.11).

Бобишки або поглиблення цекують при наявності в них центрального отвору з використанням цеківок, підрізних пластин або зенкерів з торцевим заточенням. Інструмент рекомендується направляти по отвору в заготовці або по кондукторній втулці. Для усунення вібрації і забезпечення кращого відведення стружки торцеві зубці інструмента мають бути зміщені відносно його осі в сторону обертання на величину  $H \approx 0,1D$ , де  $D$  –



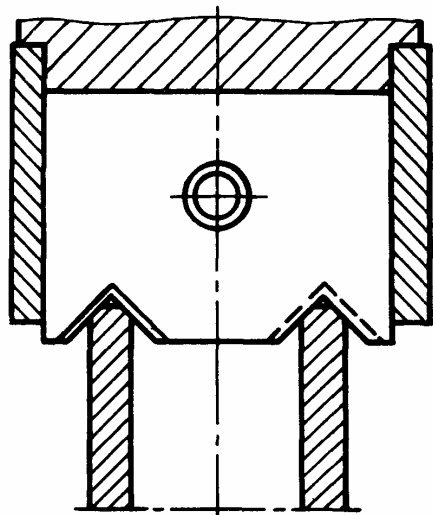


Рис. 6.11. Схема зняття фасок у трубках пластинчастою зенківкою

діаметр цеківки, Наприкінці робочого ходу необхідно здійснити вирівнювання протягом декількох обертів інструмента без його подачі. Торцеві поверхні без отворів підрізають периферією цеківки (рис. 6.12, а), в тому числі з одночасним центруванням (рис. 6.12, б) або цеківкою з отвором діаметром  $d_0$ , зміщеним відносно осі обертання на величину  $E = d_0/2 + (0,3 \div \div 0,5)$  (рис. 6.12, в). Після цекування биття обробленої поверхні не перевищує 0,1 мм на радіусі 100 мм, а параметр її шорсткості  $Ra = 2,5$  мкм. Торцеві поверхні

для забезпечення параметра шорсткості  $Ra = 2,5$  мкм після цекування вирівнюють роликовою розкаткою.

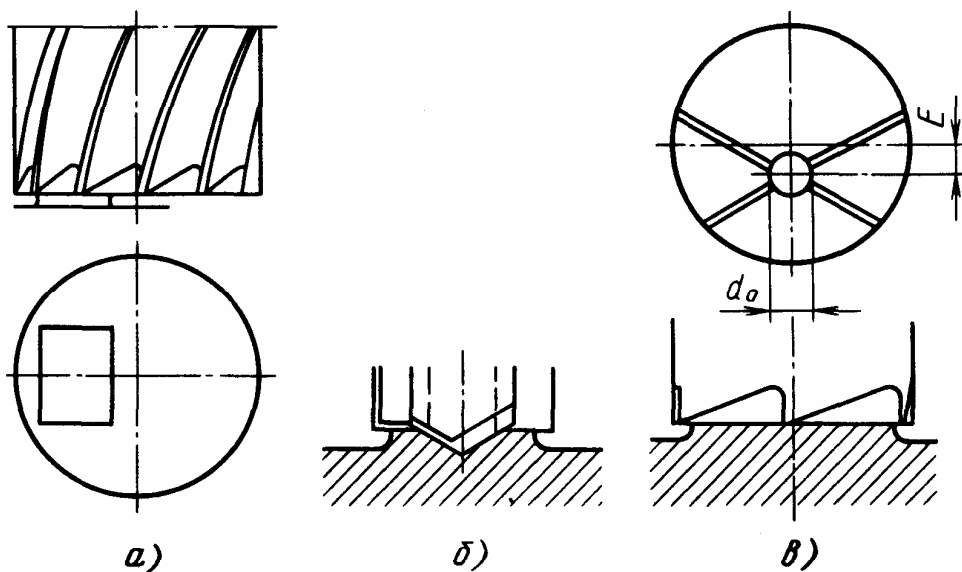


Рис. 6.12. Схеми цекування: а – бобишки (платика) периферією цеківки; б – торця з одночасним центруванням; в – бобишки цеківкою з ексцентричним отвором

Застосування комбінованих інструментів дозволяє виконати декілька переходів обробки за один робочий хід. Необхідність у цьому може бути обумовлена спеціальними технічними вимогами. Наприклад, східчастий зенкер використовують для обробки „в лінію” двох отворів різних діаметрів, свердло-цеківку – для забезпечення перпендикулярності торця та осі отвору. Не слід застосовувати комбіновані інструменти з надмірно великим числом ступенів (більшим п'яти), а також такі об'єднання інстру-

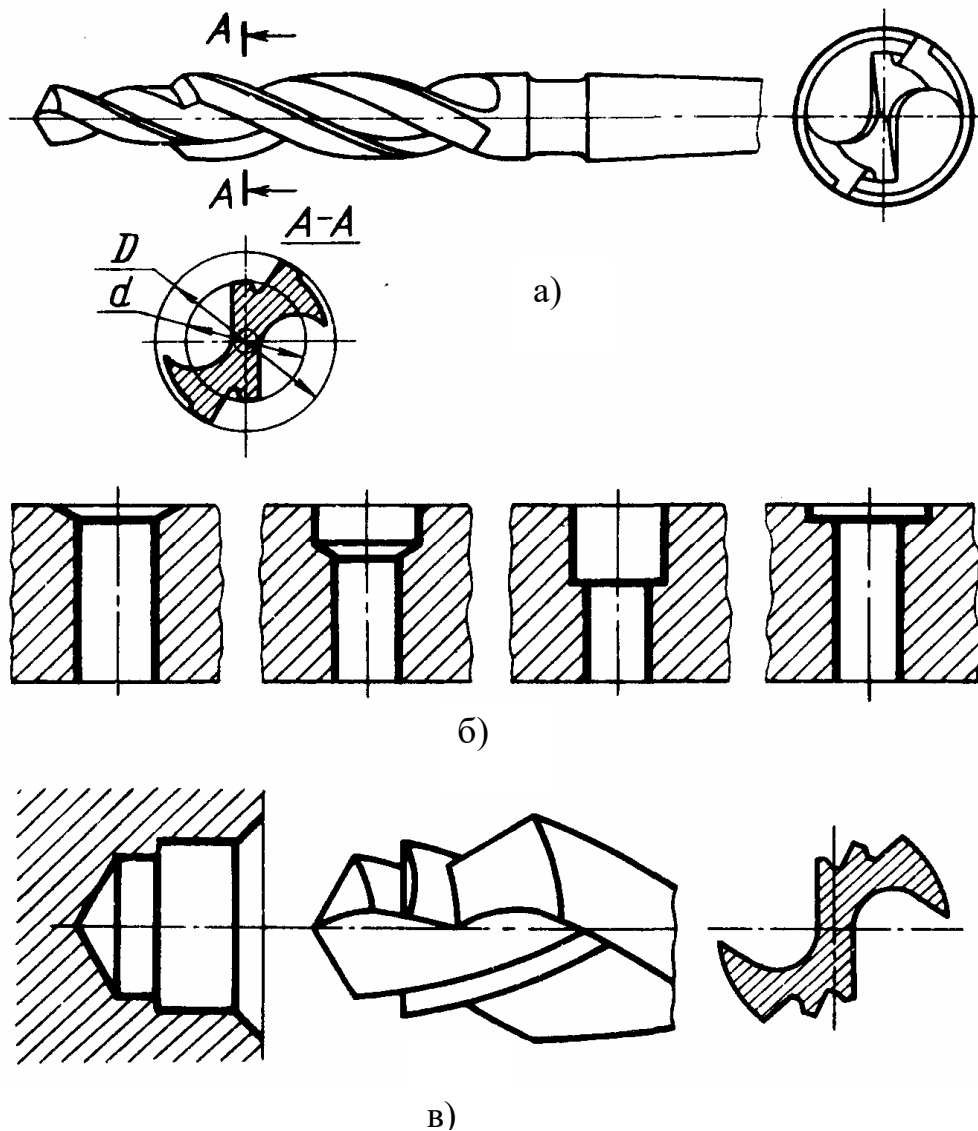


Рис. 6.13. Схеми обробки отворів комбінованими свердлами: а – чотиристрічкове свердло; б – елементи деталей оброблені з використанням чотиристрічкових свердел; в – обробка отвору шестистрічковим свердлом

ментів, при роботі яких неминуче нерівномірне зношування їх виконавчих поверхонь, обумовлене розходженням в подачах на зуб і швидкостях різання (наприклад, розвертку-цеківку). Для комплексної обробки отворів, торців і фасок застосовують багатострічкові комбіновані інструменти з зубцями, що чергуються, з відношенням діаметрів  $D/d \leq 2$  (рис. 6.13), а також цеківки-зенківки (рис. 6.14). Отвір діаметром  $D$ , що перетинає інший отвір діаметром  $d$ , зміщений та перпендикулярний співвісному отвору діаметром  $D$ , виконують за допомогою комбінованого східчастого свердла (рис. 6.15), при роботі якого в зоні „порожнистості” різальні кромки не відтискаються і та викришуються. Нижній ступінь свердла діаметром  $D_1 = 2[l - (d/2 + \Delta)]$ , де  $\Delta = 1 \div 3$  мм, забезпечує обробку отвору суцільного поперечного перерізу, а також виконує функцію напрямної частини інструмента, перешкоджаючи його зсуву. Подальшу обробку отвору діаметром  $D_1$ ,

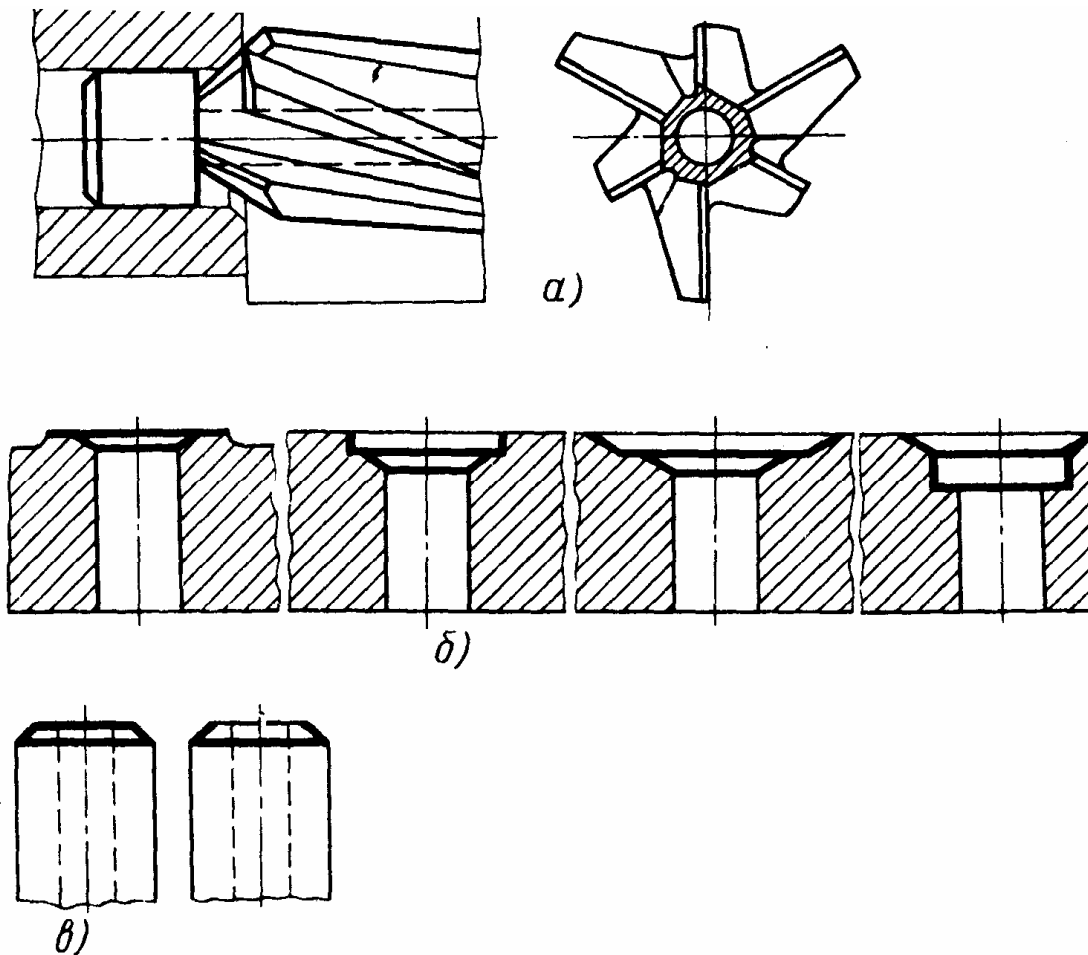


Рис. 6.14. Схеми підрізання торців та зняття фасок: а – цеківка-зенківка; б – обробка внутрішніх фасок; в – обробка зовнішніх фасок

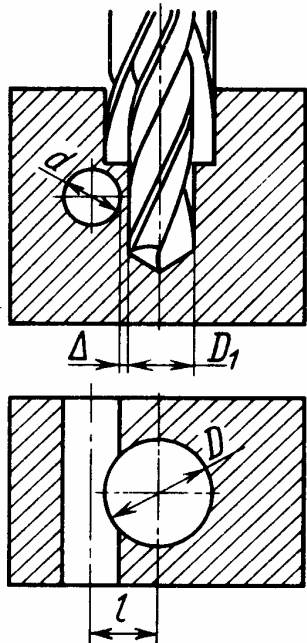


Рис. 6.15. Схема обробки отвору, що перетинається з каналом

якщо до його точності, розташування та шорсткості поверхні висувають підвищені вимоги, проводять за допомогою однолезових, гарматних або алмазних розверток.

### Обробка фасонних отворів

Фасонні отвори обробляють (центрують, закруглюють гострі кромки, розсвердлюють, знімають фаски та підрізають торці) за допомогою комбінованих затілваних або гострозаточених інструментів (рис. 6.16). Для багатоперехідної обробки отворів у відлитих під тиском алюмінієвих заготовках (розсвердлювання отворів під різьбу, зняття фасок та підрізання торців) служить комбінований різальний інструмент (рис. 6.17), армований твердим сплавом. Виготовлення та переточування такого інструмента здійснюють з використанням алмазних кругів на профіleshліфувальному верстаті. При швидкості різання

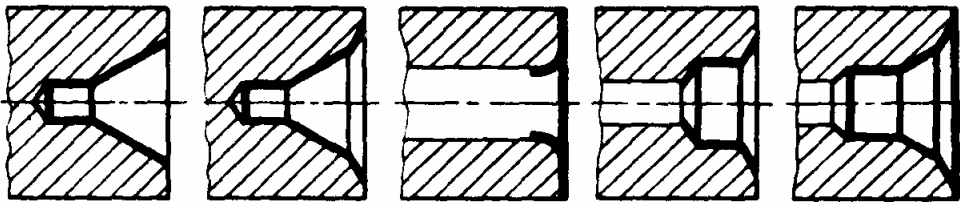


Рис. 6.16. Схеми багатоперехідної обробки отворів затілваним комбінованим інструментом

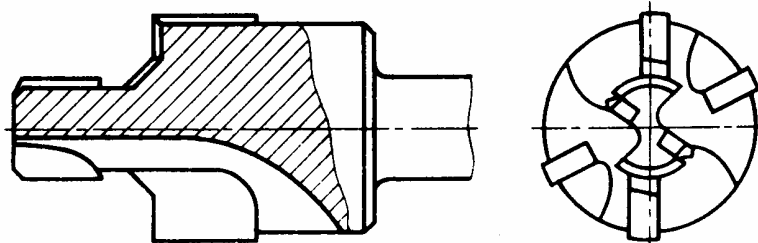


Рис. 6.17. Комбінований твердосплавний зенкер

$v = 100 \div 110$  м/хв і подачі  $s_0 = 0,05 \div 0,8$  мм/об, стійкість інструмента складає 5000 отворів.

Канавки в отворах розточують за допомогою спеціальних патронів, що перетворюють ручну осьову подачу шпинделя в радіальну подачу різця (рис. 6.18), при цьому направлення патрона здійснюється по кондукторній втулці. У повзуні 2, в якому виконані косі пази під вилку оправки 3, за допомогою гвинтів 10 та сухарів 11 закріплюють хвостовий канавковий різець. Біля вільного торця різця в одній площині з його передньою поверхнею прошліфована кутова канавка, з якою контактує запресований в повзун штифт 9, що фіксує положення різальної кромки відносно осі оброблюваного отвору. Паз у корпусі 8 під повзун закритий кришкою 1, що кріпиться гвинтами 13. Обертальний момент передає сегментна шпонка 12. За допомогою пружини 5 та гвинта 4 корпус утримується у вихідному положенні і різець знаходиться на мінімальній відстані від осі патрона. Разом

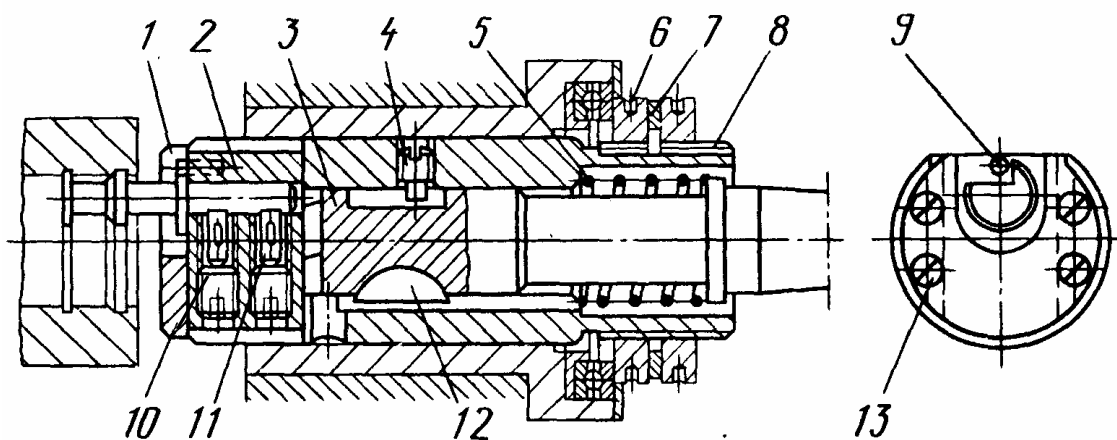


Рис. 6.18. Типова конструкція патрона, що забезпечує перетворення осьової подачі шпинделя у поперечне переміщення різця

зі шпинделем верстата, патрон вводять у напрямну втулку до упора торця гайки 6 в радіально-упорний підшипник. В процесі подальшого осьового зміщення оправки 3 та косорозташованої вилки, забезпечується взаємодія останньої з пазом повзуна 2 та його відтискання разом із закріпленим різцем у радіальному напрямку. Після завершення обробки різець при зворотному русі шпинделя зміщують до осі пристосування та виводять з отвору заготовки.

### Обробка зовнішніх поверхонь

Зовнішні поверхні (виступи, шийки, хвостовики, стержні під нарізання або накатування різьби) обточують монолітними або складеними головками з різцями (гребінками), виготовленими зі швидкорізальної сталі або армованими твердим сплавом. Обточування без направлення інструмента по кондукторній втулці забезпечує точність, відповідну 11 – 12-му квалітету, а з направленням інструмента за умовою його ретельного заточення – відповідну 8 – 9-му квалітету. Параметр шорсткості оброблених поверхонь  $Ra \geq 2,5$  мкм. Для обточування використовують різьбонарізні головки з гладкими дисковими гребінками і кутом у плані  $\phi = 30 \div 45^\circ$  (рис. 6.19). Розкриття головки наприкінці робочого ходу не допускає утворення канавок на обробленій поверхні при зворотному ході інструмента. У головку може бути вбудований різець або зенківка для зняття зовнішньої чи внутрішньої фаски. Обточування коротких циліндричних або конічних поверхонь (наприклад, під різьбу), з одночасним зняттям фаски, виконують з використанням комбінованих гребінок (рис. 6.20).

Різьби з полем допуску  $6h/6H - 7h/6H$  і з кроком  $P \leq 2,5$  мм на заготовках із заплечиками нарізають і накатують за один робочий хід при наявності збігу і недорізу достатньої довжини (рис. 6.21):  $f \geq 2P$ ;  $C \geq 1,5$  мм – для різьбонарізної головки;  $f \geq 1,5P$ ;  $C \geq P$  – для різьбонакатної головки;

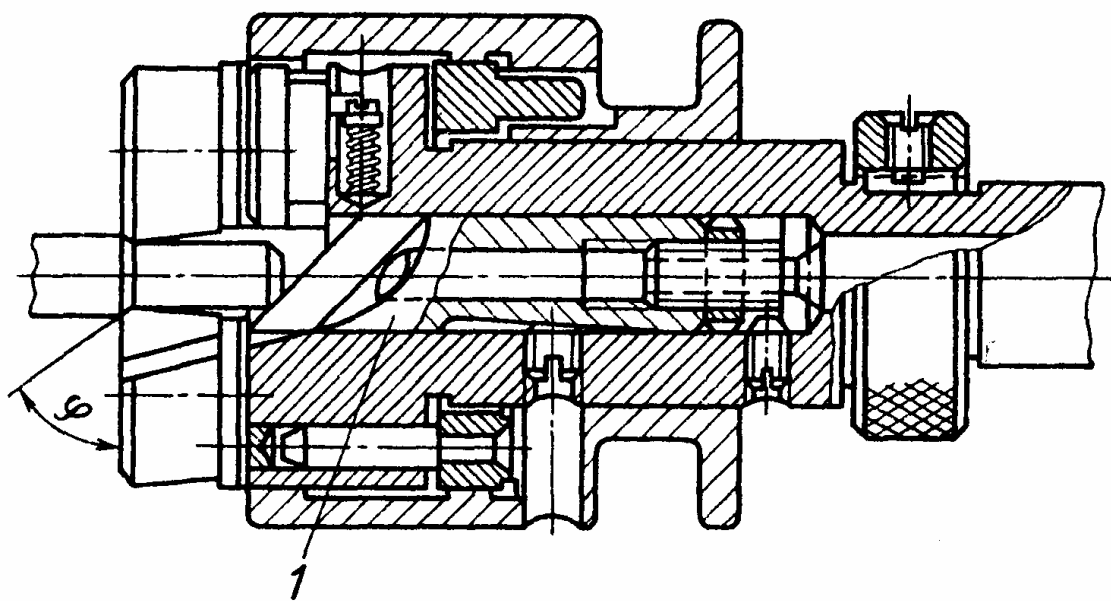


Рис. 6.19. Обточувальна головка: 1 – фасковий різець

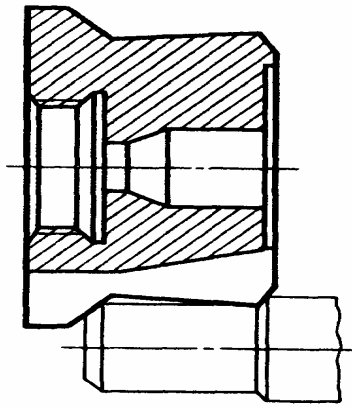


Рис. 6.20. Комбінована головка до гребінки

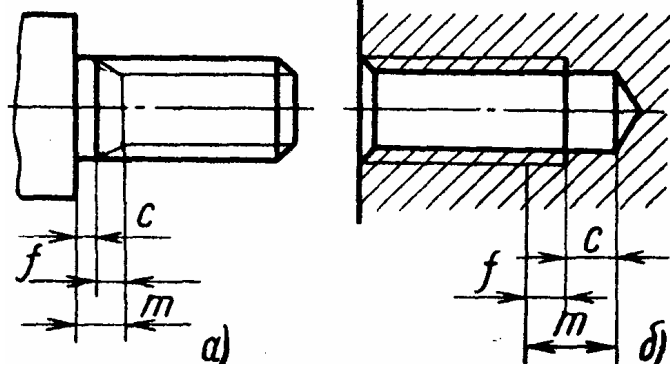


Рис. 6.21. Збіг та недоріз різьби: а – зовнішньої; б – внутрішньої;  $m$  – недоріз різьби;  $f$  – збіг різьби;  $c$  – гарантований зазор ( $m = f + c$ )

$f \geq 3P$ ;  $C \geq 2P$  – для мітчика в глухому отворі. Виточки і проточки є обов'язковими тільки при необхідності складання різьбової пари в упор. Фаски під зовнішню та внутрішню різьби знімають під загальним кутом  $90^\circ$  (у гайках – під кутом  $120^\circ$ ). При накатуванні різьби на стержнях повинна бути забезпечена фаска із загальним кутом  $30 - 60^\circ$  (менше значення кута – для різьби у заготовках з твердих металів). Нарізання і накатування різьби на свердлильних верстатах виконують з використанням ручної подачі, при самозатягуванні інструмента, що плаває та жорсткому закріпленні заготовки, або при жорстко закріпленому інструменті та вільному переміщенні заготовки. Внутрішню різьбу нарізають машинними (закріпленими або падаючими) гайковими мітчиками [7] та гайконарізними головками. При використанні замість реверсованих патронів машинних мітчиків автоматичний реверс обертання шпинделя забезпечують електроперемикачі, що приводяться в дію від верстатного упора. У випадках нарізання різьби за допомогою падаючих та гайкових мітчиків або гайконарізних головок реверсування не є необхідним, що дозволяє скоротити машинний час. Рекомендують свердлити отвір і нарізати різьбу за один установ заготовки, застосовуючи з цією метою кондуктор з відкидною кришкою. В отворах заготовок з пластичних металів (алюмінієвих та цинкових сплавів, м'яких сталей і т.п.) внутрішні різьби з полем допуску 4Н – 6Н накатують з використанням безстружкових мітчиків, що дозволяє підвищити продуктивність обробки та стійкість інструмента, при одночасному зменшенні ймовірності його поломки. Зовнішні різьби краще нарізати не круглими плашками, а за допомогою головок (рис. 6.22) або накатних роликів, що не вимагають реверсування. Різьбу, яку перетинає шпонковий паз, нарізають головкою з числом гребінок  $z > 4$ ; після завершення різьбонарізання фрезерують паз та зачищають задирки.

### Багатоперехідна обробка

Багатоперехідну обробку заготовок на свердлильних верстатах здійснюють з використанням простих або комбінованих швидкозмінних ін-

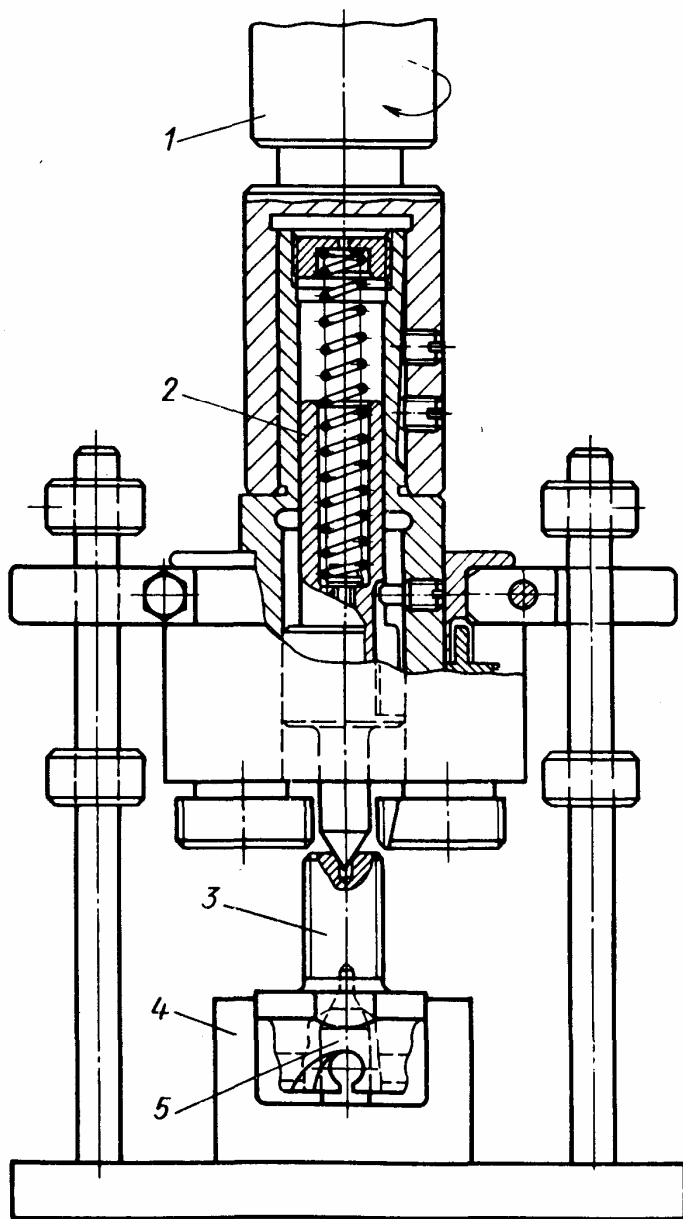


Рис. 6.22. Схема нарізання зовнішньої різьби головкою з пружинним центром: 1 – шпиндель верстата; 2 – пружинний центр; 3 – заготовка; 4 – пристосування; 5 – нижній центр

му верстаті заготовки корпусної деталі. Швидкозмінним інструментом за схемою „в лінію” обробляються два отвори – верхній діаметром 74H7 мм та нижній діаметром 72H7 мм, – вісь яких перетинає під прямим кутом з допустимим відхиленням до 0,07 мм вісь горизонтального отвору. Крім цього, виконується підрізання торця фланця з допустимим биттям до 0,05 мм. Заготовку базують у стаціонарному кондукторі за двома попередньо обробленими горизонтальними отворами. Інструмент направляється за допомогою верхньої кондукторної втулки з упорним підшипником, а

струментів за кілька робочих ходів. Задану глибину отворів або висоту ступенів при ручній подачі та допустимій точності лінійних розмірів до 0,2 мм забезпечують за допомогою обертових обмежувальних упорів, що закріплюються на інструменті або пристосуванні. Керування одним з переходів механічної обробки може здійснюватись від верстатного упора, що забезпечує вимкнення автоматичної подачі. В останньому випадку необхідно розрахувати і настроїти виліт інструментів таким чином, щоб спрацювання упора відбувалось тільки після завершення даного переходу. При необхідності забезпечення автоматичної подачі на всіх переходах обробки застосовують регульовані змінні втулки, що дозволяє вирівняти виліт шпинделя верстата на різних переходах та використовувати для вимкнення подачі верстатний упор (рис. 6.23).

На рис. 6.24 показані схеми послідовної обробки на радіально-свердлильно-

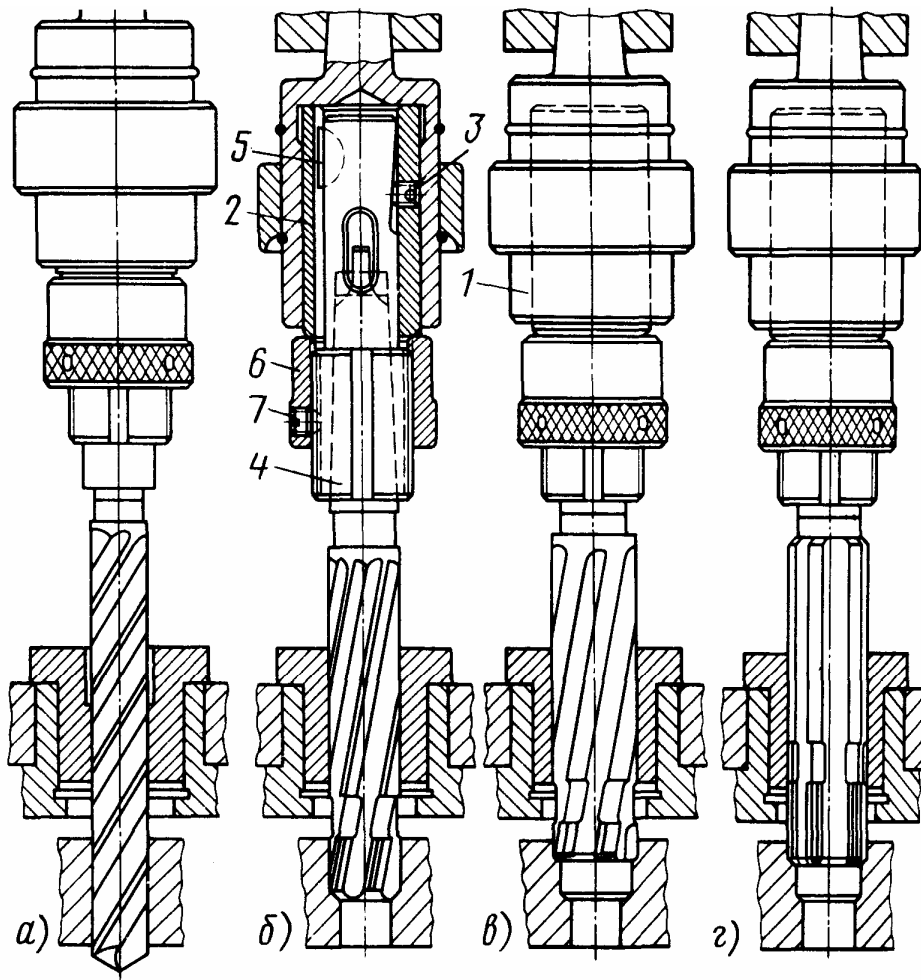


Рис. 6.23. Схеми послідовної багатоперехідної обробки отвору на одношпиндельному свердильному верстаті: 1 – швидкозмінний патрон; 2 – проміжна втулка; 3 – гвинт; 4 – регульована втулка; 5 – сегментна шпонка; 6 – гайка; 7 – гвинт

також нижньої втулки, вмонтованої в центрувальний палець. У гнізді оправки 3 після введення її в кондуктор за допомогою клина закріплюють підрізну пластину 2, що дозволяє зменшити діаметр верхньої напрямної та масу інструмента. Крім цього, оправка оснащена упорними гайками 1, від яких подається команда на зміну режиму роботи інструмента. Перевагою даного оснащення є також те, що одна і та ж сама кондукторна втулка застосовується при обробці заготовки на всіх позиціях.

Послідовне виконання переходів механічної обробки пов'язане з додатковими витратами часу на перемикання частоти обертання шпинделя та подачі, тоді як робота з постійною швидкістю різання призводить до надмірного зносу інструмента. Оснащення одношпиндельних свердильних верстатів багатшпиндельними головками (БГ) дозволяє усунути вказані вище недоліки, а також підвищити продуктивність обробки в результаті одночасного виконання декількох переходів. Застосування поворотних столів з однією завантажувальною і декількома робочими позиціями спри-



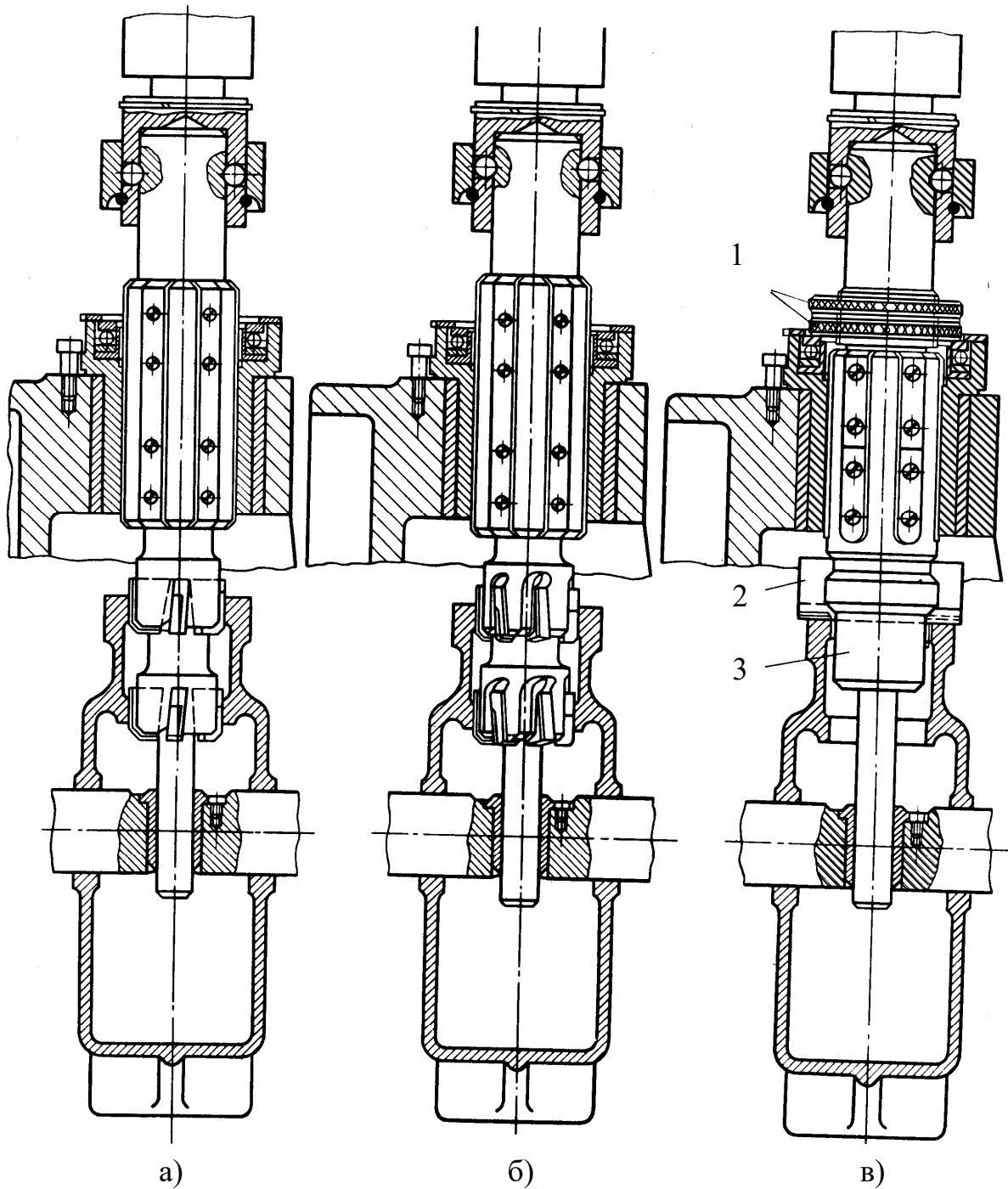


Рис. 6.24. Схеми послідовної обробки на радіально-свердильному верстаті двох отворів в заготовці корпусної деталі: а – чорнове та напівчистове зенкерування отворів „в лінію”, б – розвертування отворів „в лінію”; в – підрізання торця фланця

яє підвищенню ефективності БГ за рахунок суміщення машинного часу та допоміжного часу на зняття й установлення заготовок.

## Нарізання різьби

Примусова подача при нарізанні різьби за допомогою БГ забезпечується при реалізації одного зі способів: а) введенням в зачеплення одного зі ступенів механічної подачі із зубчастими колесами БГ; б) передачею на БГ робочої подачі від копіювального гвинта відповідного кроку; в) установленням на кожному шпинделі БГ різьбових копіювальних оправок, що забезпечують робочу подачу мітчиків та повернення їх у вихідне положення після реверсування двигуна. При використанні для нарізання різьби комбінованих БГ привод інструмента забезпечує окремий електродвигун з перемикачем зворотного ходу, тоді як для здійснення інших рухів служить привод верстата. Шпинделі, які не потребують реверсування, оснащують обгінними муфтами, що дозволяє зберігати напрямок обертання інструмента при перемиканні БГ на зворотний хід. Конструкція БГ і пристосувань до них може допускати групову обробку заготовок. Подальше удосконалення технологічних процесів комплексної обробки пов'язано зі все ширшим впровадженням агрегатних верстатів та автоматичних ліній.

### 6.2. Хід роботи

1. Ознайомитись зі схемами обробки, конструкціями інструментів, пристосувань та оснащення, що використовують при виконанні на свердлильних верстатах операцій свердління, зенкерування, розвертування, різьбонарізання, зняття фасок в отворах, обробки фасонних отворів, канавок, зовнішніх поверхонь, здійсненні багатоперехідної обробки. Вивчити основні методи свердління та область їх застосування.

2. Вставити в патрон універсального вертикально-свердлильного верстата моделі 2A113 видане викладачем свердло і установити на його столі кондукторну плиту та заготовку для розсвердлювання в останній вказаного у завданні отвору (для забезпечення необхідного зазору між заготовкою та плитою застосувати мірні пластини). Опустити вручну шпиндель з інструментом до введення у контакт вершини останнього з поверхнею заготовки, після чого перевірити точність її взаємного розташування відносно кондукторної плити. Відрегулювати при необхідності точність установлення та закріпити плиту і заготовку за допомогою елементів з комплекту універсально-складальних пристосувань (УСП) – мірних плит, прихоплювачів, регулювальних гвинтів та кріпильних деталей.

3. Вставити в патрон вертикально-свердлильного верстата двоступінчасту розвертку та закріпити на його столі між двома кондукторними плитами заготовку корпусної деталі для остаточної обробки в останній вказаного викладачем отвору. Для установлення та фіксації плит і заготовки застосувати елементи УСП.

### 6.3. Зміст звіту

Навести у звіті схеми та послідовність, виконаних у практичній час-

тині роботи налагоджень положень інструмента, заготовок та оснащення при обробці на свердлильних верстатах.

#### 6.4. Контрольні запитання

1. Які операції механічної обробки можуть виконуватись на верстатах свердлильної групи?
2. Які фактори враховують при виборі методу свердління?
3. Який інструмент і в яких випадках застосовують при виконанні свердлильних операцій?
4. Якими є основні вимоги щодо технології зенкерування?
5. Які методи та інструмент застосовуються при виконанні операцій розвертування?
6. Якими є інструмент та пристосування для зняття фасок та цекування?
7. Як на свердлильних верстатах обробляються фасонні отвори?
8. Який інструмент застосовують при обробці на свердлильних верстатах зовнішніх поверхонь?
9. Як на свердлильних верстатах виконати багатоперехідну обробку із максимальними точністю та продуктивністю?
10. Які основні способи різьбонарізання застосовують при обробці на свердлильних верстатах?

## Лабораторна робота №7

### Обробка на фрезерних верстатах

**Мета роботи:** вивчити технологічні можливості фрезерних верстатів, ознайомитись з їх класифікаціями, схемами виконання основних фрезерних операцій (відрізання, обробки плоских, кутових, профільних та гвинтових поверхонь, контурного фрезерування), інструментом та пристосуваннями, які при цьому застосовуються, способами інтенсифікації фрезерної обробки, отримати навички розрахунків режимів різання при фрезеруванні, установлення інструмента, закріплення заготовки, налаштування кінематичних ланцюгів фрезерного універсального верстата та виконання операцій обробки на ньому плоских та кутових поверхонь заготовок деталей різних типорозмірів.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** універсальний горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Н81Г, заготовки деталей типу „корпус” та „вал”, циліндричні та дискові фрези, лещата, призми, мірні плити, пластини, прихоплювачі, регулювальні гвинти, кріпильні болти та гайки з комплекту УСП.

#### 7.1. Теоретичні відомості

##### Технологічні можливості фрезерних верстатів

На фрезерних верстатах відрізають заготовки, фрезерують плоскі поверхні, пази, уступи, криволінійні та гвинтові поверхні, тіла обертання, різьби. Розрізняють фрезерні верстати з переривчастим циклом обробки (універсальні, різбофрезерні та інші), при роботі яких необхідні допоміжний зворотний хід або вимикання подачі для установлення та зняття заготовки, а також верстати з безперервним циклом (з обертовим столом, барабаном або конвеєрного типу), на яких заготовки установлюють та знімають під час робочого ходу.

Механічне кріплення ЗБП гвинтом на робочій частині фрези забезпечує помітне підвищення їх вібро- та зносостійкості (рис. 7.1). Тангенціальне установлення пластин дозволяє значно збільшувати подачу на зуб фрези  $s_z$ , оскільки сила деформації оброблюваного матеріалу діє на площу, що визначається висотою  $h$  пластини, яка є більшою її ширини  $b$ :  $h > b$ .

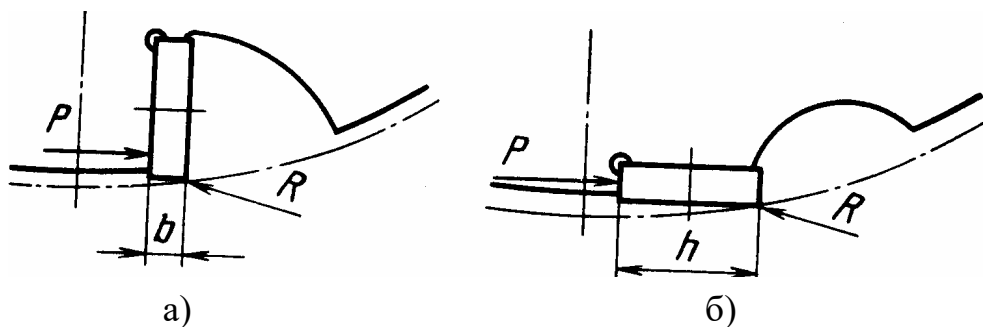


Рис. 7.1. Схеми кріплення ЗБП гвинтом: а – радіально; б – тангенціально;  $P$  – сила різання;  $R$  – реактивна сила

Продуктивність фрезерування характеризує хвилинна подача  $S_x = 3185 \cdot s_z \cdot v \cdot K$ , де  $s_z$  – подача на зуб, мм;  $v$  – швидкість різання, м/хв;  $K = z/D$  – число зубців  $z$  на 1 мм діаметра фрези  $D$ .

На ефективність обробки, крім форсування режимів різання впливає скорочення допоміжного часу на керування верстатом, закріплення заготовки, зміну та настроювання положення інструмента. Високопродуктивне фрезерування супроводжується впливом на виконавчі елементи верстата значних сил різання, що різко коливаються за величиною, у зв'язку із чим, перед його реалізацією необхідно проаналізувати достатність жорсткості технологічної системи.

### Відрізання

На універсально-фрезерних верстатах відрізають ливники та додатки; за допомогою наборів дискових фрез відрізають кришки корінних підшипників двигуна, відлиті в загальному блоці, що пройшли попередню механічну обробку, а також виконують інші відрізнні операції, із застосуванням суцільного інструмента з швидкорізальної сталі діаметром 20 – 315 мм,  $b = 0,2 \div 6,0$  мм, складеного з вставними ножами діаметром 125 – 315 мм,  $b = 5 \div 12$  мм, твердосплавного монолітного діаметром 20 – 125 мм,  $b = 0,2 \div 1,6$  мм та фрез з напаяними пластинами діаметром до 315 мм,  $b \geq 1,6$  мм. При відрізаннях твердосплавними фрезами заготовок з чорних металів  $v = 50 \div 180$  м/хв,  $s_z = 0,01 \div 0,04$  мм/зуб; при відрізаннях заготовок з кольорових металів  $v = 80 \div 400$  м/хв,  $s_z = 0,02 \div 0,10$  мм/зуб.

Заготовки з прокату відрізають на фрезерно-відрізнних верстатах, при цьому застосовують дискові пили: монолітні діаметром 210 – 315 мм,  $b = 1,6 \div 3$  мм; сегментні діаметром 210 – 1800 мм,  $b = 3 \div 15$  мм; дискові із напаяними твердосплавними пластинами діаметром 210 – 1800 мм,  $b = 4 \div 12,5$  мм; дискові з механічним кріпленням твердосплавних пластин діаметром 210 – 2000 мм,  $b = 6,35$  мм. Для відрізання заготовок з чорних металів пилами застосовують  $v = 9 \div 30$  м/хв,  $S_x \leq 800$  мм/хв; при використанні пил з напаяними твердосплавними пластинами –  $v = 70 \div 150$  м/хв,  $s_z = 0,15 \div 0,22$  мм/зуб; при відрізаннях заготовок з алюмінію  $v = 500 \div 2000$  м/хв,  $S_x \leq 1500$  мм/хв.

### Обробка плоских поверхонь

Плоскі поверхні найкраще обробляти торцевими фрезами із ЗБП та кутом у плані  $\phi$ , що дорівнює 45, 60 і 75° (рис. 7.2), або фрезами з круглими пластинами. Для обробки плоских поверхонь з прямим уступом застосовують фрези з  $\phi = 90^\circ$ . При чорновому фрезеруванні глибина різання (припуск  $a$ , що знімається) лімітується довжиною різальної пластини; при чистовому фрезеруванні  $a = 0,5 \div 1$  мм. Шпиндель, на якому закріплена чистова фреза установлюють з нахилом 0,0001 для недопущення контакту з обробленою поверхнею зубців, що не беруть участі в процесі різання.

Діаметр торцевої фрези  $D \geq 1,2B$ , де  $B$  – ширина фрезерованої плоскої поверхні, мм.

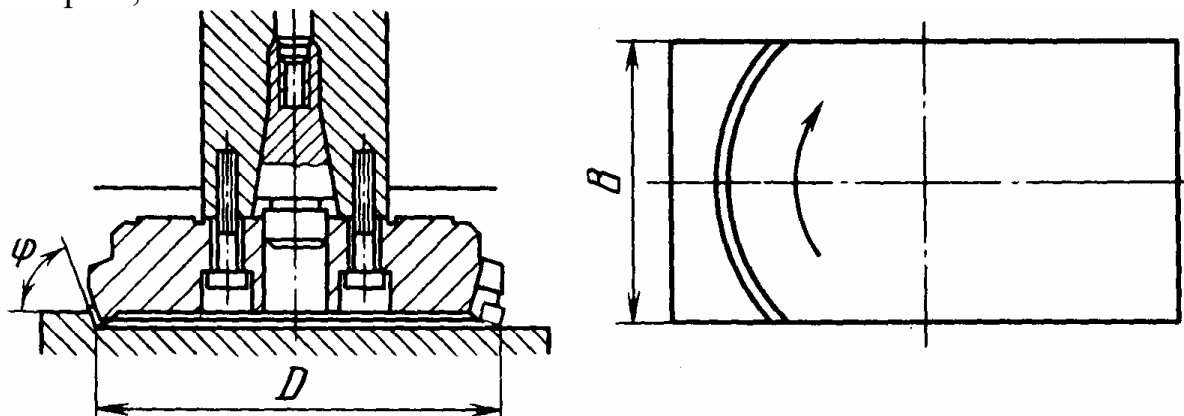


Рис. 7.2. Схема фрезерування відкритих плоских поверхонь за допомогою торцевої фрези

Фірма „Сандвік Коромант” (Швеція) виготовляє торцеві фрези, в яких твердосплавні пластини закріплені за допомогою підпружинених пальців (рис. 7.3), що сприяє прискоренню процесу зміни пластин. Корпус торцевої фрези діаметром 315 – 500 мм складається з масивної планшайби

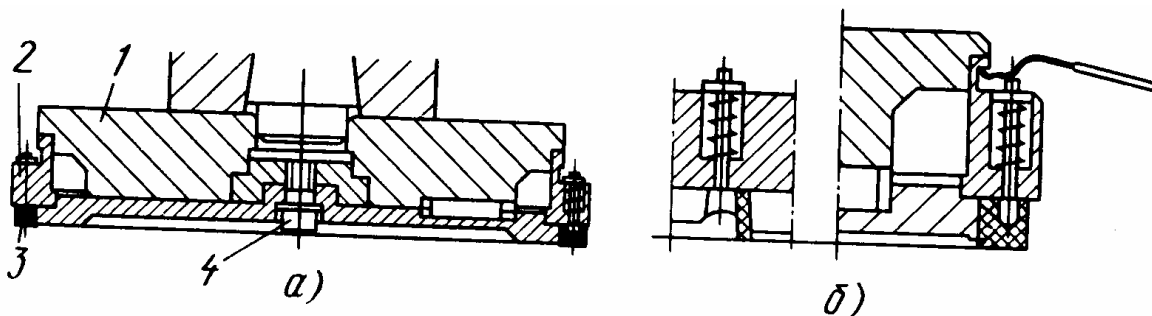


Рис. 7.3. Торцева фреза з твердосплавними пластинами закріпленими за допомогою підпружинених пальців: а – фреза; б – вузол кріплення

1, що жорстко пов'язана зі шпинделем верстата та знімної обойми 2 з різальними пластинами 3, які кріпляться до планшайби центральним болтом 4, завдяки чому суттєво полегшується заміна інструмента. При застосуванні торцевих фрез з механічним кріпленням мінералокерамічних пластин: багатозубих з  $K = 0,06 \div 0,075$  та однозубих – при достатній жорсткості системи ВПД – можлива обробка плоских поверхонь з підвищеними режимами різання [7]. Торцеві фрези, оснащені пластинами з надтвердих матеріалів (НТМ) використовують для чистової обробки заготовок із загартованих сталей і чавунів підвищеної твердості, а також кольорових металів (наприклад, при обробці поверхонь заготовок з легованого чавуну HRC 58 – 60 фрезою діаметром 100 мм,  $z = 7$ , з пластинами із кубічного нітриду бору діаметром 9,5 мм,  $a = 0,5$  мм,  $B = 65$  мм,  $s_z = 0,28$  мм/зуб,  $v = 200$  м/хв; при обробці заготовок з алюмінієвого сплаву, що містить 8 –

10 % Si фрезою, оснащеною пластинами з полікристалічного синтетичного алмазу,  $a = 0,2$  мм,  $s_z = 0,08$  мм/зуб,  $v = 1480$  м/хв,  $Ra = 0,6 \div 0,3$  мкм).

На багатшпindelних фрезерних верстатах з безперервним робочим циклом, із застосуванням чорнових та чистових фрез виконують послідовну обробку плоских поверхонь, а також двостороннє фрезерування з поворотом заготовок (рис. 7.4), із дотриманням заданого максимального вертикального лінійного розміру (висоти) з точністю, що відповідає 11 – 13-му квалітету та параметра шорсткості поверхні  $Ra = 3,2 \div 1,25$  мкм.

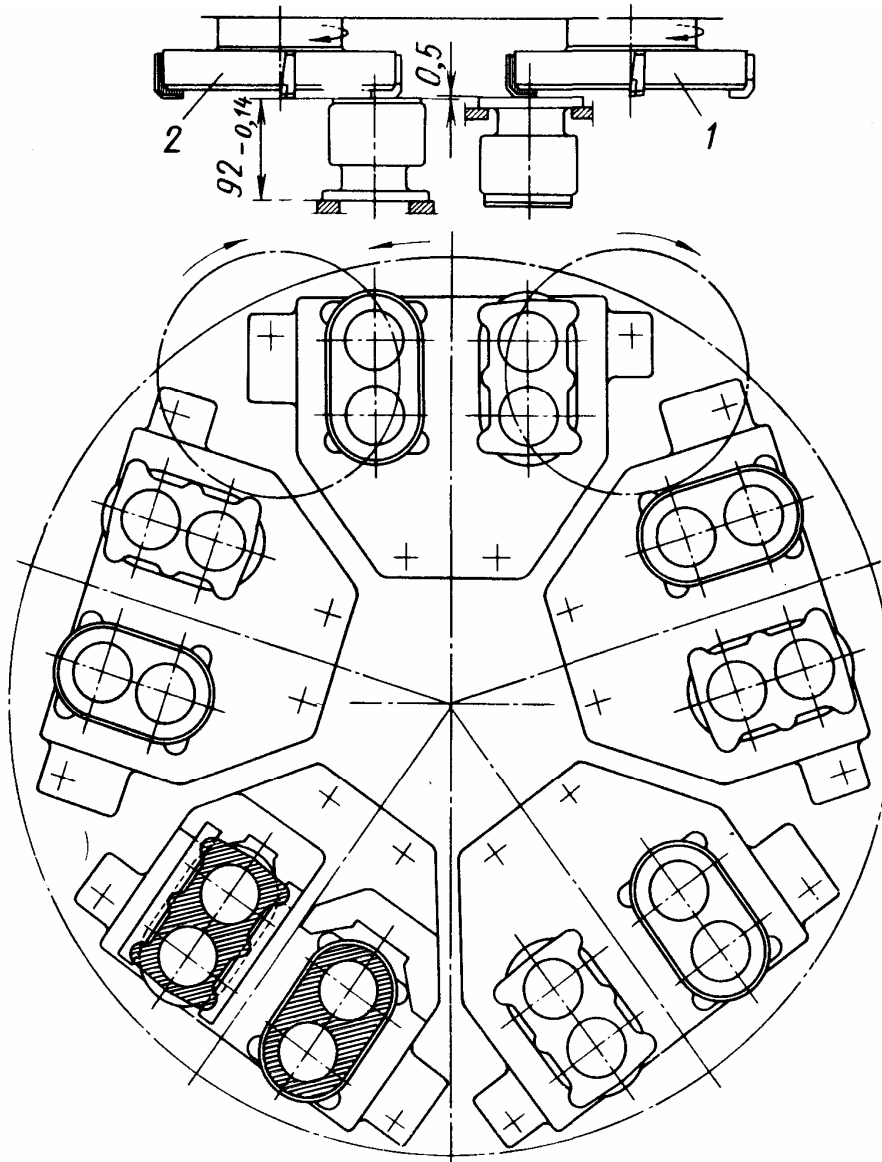


Рис. 7.4. Схема фрезерування торців заготовок на двошпindelному фрезерному верстаті з обертвовим столом: 1 – чорнова фреза; 2 – чистова фреза

На рис. 7.5 показана схема налагодження фрезерно-центрувального верстата. При застосуванні торцевих фрез із ЗБП точного виконання немає потреби у їх підналагодженні після поворотів або заміни пластин. Центрувальні свердла закріплюють у змінних втулках з регульованим упором, що дозволяє налагоджувати виліт інструмента поза верстатом.

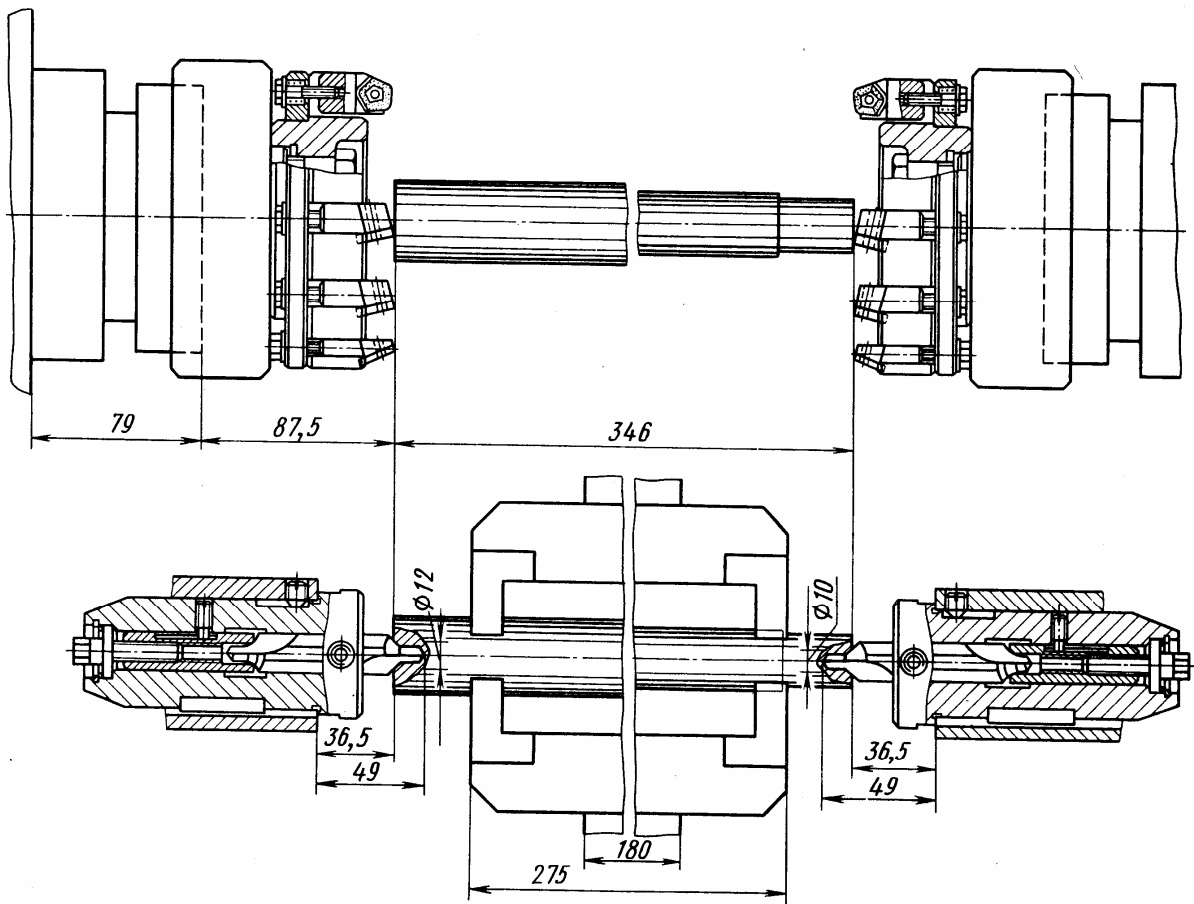


Рис. 7.5. Схема налагодження фрезерно-центрувального верстата

Плоскі поверхні обробляють циліндричними фрезами при зустрічній або попутній подачі. При побіжному фрезеруванні підвищується стійкість фрез та зменшується параметр шорсткості обробленої поверхні, але для його реалізації потрібний пристрій, що забезпечує компенсацію зазорів в механізмі подачі. На верстатах зі звичайними ходовими гайками рекомендується здійснювати в основному зустрічне фрезерування.

Напрямок гвинтових зубів циліндричних фрез вибирають з таким розрахунком, щоб осьова складова сили різання  $K$  (рис. 7.6) була спрямована у бік шпинделя верстата. Широкі плоскі поверхні обробляють набором фрез з різноспрямованими гвинтовими зубцями (рис. 7.7).

Зменшення амплітуди вібрацій, а отже і параметра шорсткості оброблюваних поверхонь, досягають, працюючи фрезами мінімально можливого діаметра  $D$  з малим кроком зубів, закріпленими на коротких безконсольних оправках.

### Обробка кутових поверхонь

Уступи, пази та вушка обробляють двома основними способами: з використанням дискових або кінцевих (торцевих насадних) фрез. Вибір того чи іншого способу залежить від величини заданого, з конструктивних міркувань, на ескізі виробу виходу інструмента, а також висоти (глибини)



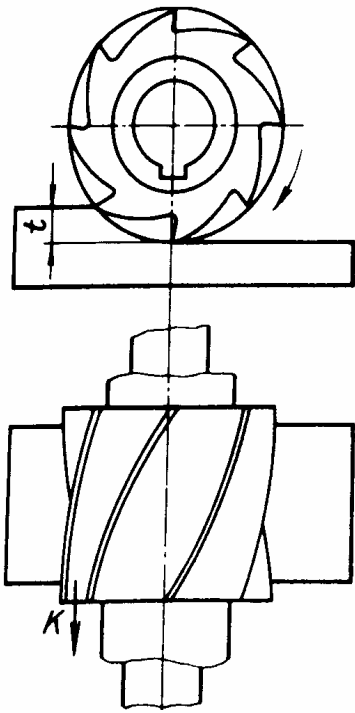


Рис. 7.6. Схема фрезерування плоскої поверхні циліндричною фрезою: **K** – осьова складова сили різання; **t** – глибина різання

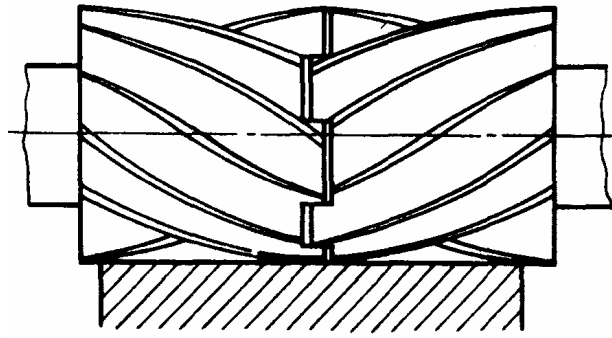


Рис. 7.7. Набір циліндричних фрез для обробки широких поверхонь

оброблюваної поверхні **H** (рис. 7.8), що визначають діаметри дискової фрези **D** та проставних кілець **d<sub>1</sub>** або довжину різальної частини кінцевої фрези **l**;  $H < (D - d_1)/2$ ;  $H < l$ . Фрезерування одночасно декількох уступів або пазів наборами фрез з металокерамічними різальними пластинами, що не переточуються, слід виконувати на потужних верстатах, використовуючи оправки найменшої можливої довжини з кронштейнами для їх підтримання та маховиками для зниження амплітуди крутильних коливань (рис. 7.9).

Різальну частину кінцевих та насадних торцевих фрез для обробки уступів виготовляють зі швидкорізальної сталі або твердого сплаву, монолітною, з напаяними пластинами або із ЗБП. Фрези з швидкорізальної сталі мають кут підйому гвинтових канавок  $\omega \approx 40^\circ$ , нерівномірний кутовий крок та відносно невелике число зубців; чистові фрези з напаяними гвинтоподібними плас-

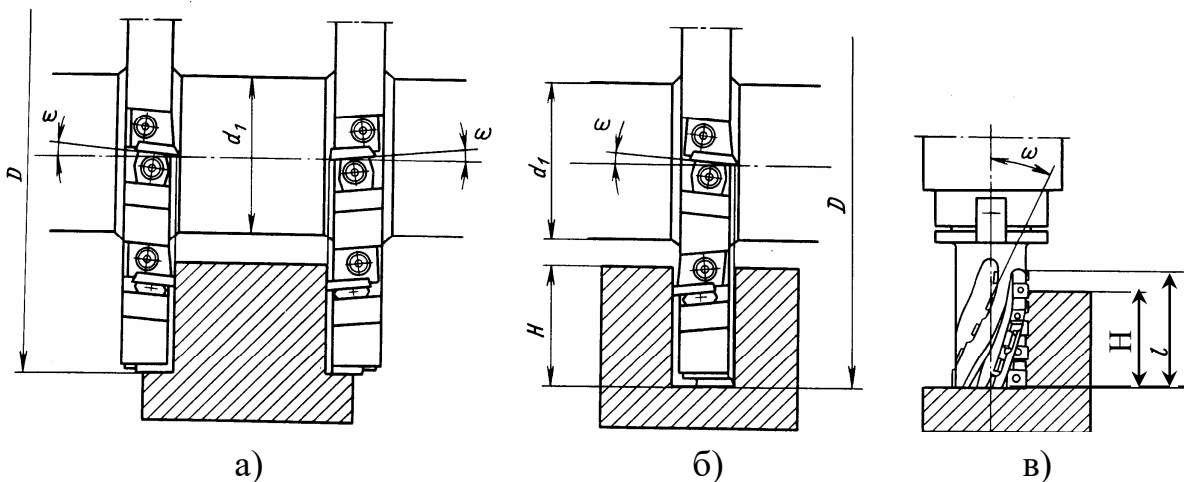


Рис. 7.8. Схеми фрезерування: а – виступів набором двосторонніх фрез; б – паза тристоронньою дисковою фрезою; в – уступу кінцевою фрезою

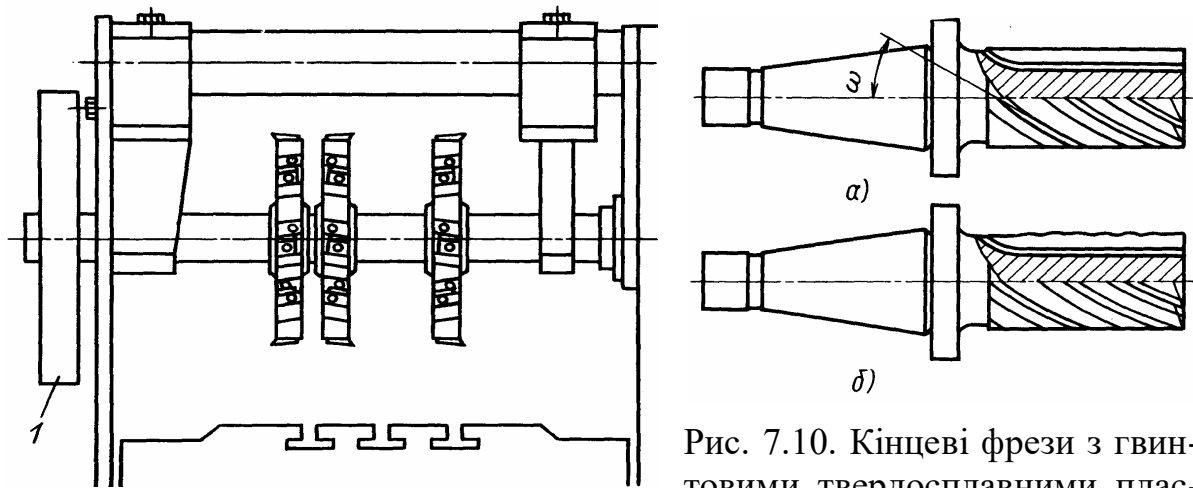


Рис. 7.9. Набір дисккових фрез для обробки пазів: 1 – маховик

Рис. 7.10. Кінцеві фрези з гвинтовими твердосплавними пластинами: а – чистова; б – чорнова

тинами мають кут  $\omega \approx 30^\circ$  (рис. 7.10, а); чорнові з хвилястою різальною кромкою („кукурудзяні фрези”) – кут  $\omega \approx 30^\circ$  (рис. 7.10, б); кінцеві фрези діаметром 32 – 100 мм (див. рис. 7.8, в) та торцеві насадні фрези діаметром 80 – 125 мм (рис. 7.11) із закріпленими у шаховому порядку на гвинтових базових поверхнях твердосплавними пластинами, мають кут  $\omega \approx 20^\circ$ .

Кінцевими та насадними торцевими фрезами при подовжній подачі на всю глибину обробляють відкриті пази. Для обробки закритих пазів („кишень”) попередньо, як правило з використанням свердла із ЗБП, виконують отвір на глибину паза, а потім вводять в нього кінцеву фрезу, за допомогою якої з подовжньою подачею проводять обробку паза заданої довжини. Крім цього, при застосуванні свердлопазових фрез можлива комбінована обробка закритих пазів в тому числі і у заготовок з алюмінієвих або

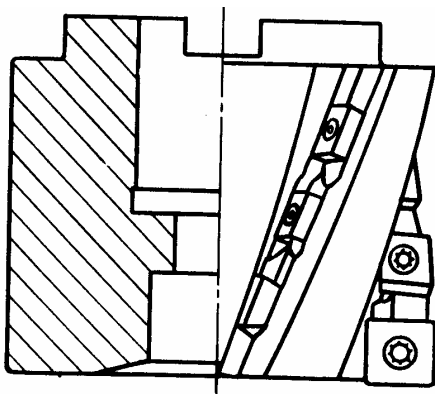


Рис. 7.11. Торцева насадна фреза з квадратними пластинами, що чергуються від зуба до зуба в шаховому порядку

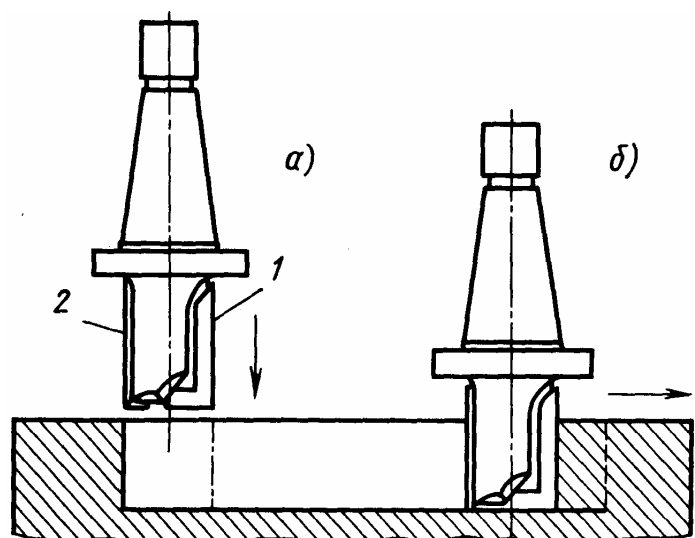


Рис. 7.12. Обробка закритого шпонкового паза свердлопазовою фрезою фірми „Вальтер” (ФРН)

титанових сплавів, яка включає етап врізання інструмента в заготовку з осью подачею на глибину паза (рис. 7.12, а) та етап прорізання паза з подовжньою подачею на його довжину (рис. 7.12. б). На одному з двох зубців свердлопазової фрези припаяна твердосплавна пластина 1, що працює периферією. Крім цього, зуб має торцеву різальну кромку, довжина якої дорівнює половині діаметра фрези. На другому зубці фрези припаяна периферійна пластина 2.

Шпонкові пази закритого типу на заготовках валів з різним числом ступенів обробляють двозубими кінцевими фрезами за „човниковою” схемою, при реалізації якої наприкінці кожного чергового подовжного ходу інструмента вмикається його осьова подача, що здійснюється на величину припуску для наступного подовжного ходу. Шпонкові пази, що розташовані на валах з певним кутовим кроком, фрезерують послідовно при періодичних поворотах заготовки навколо осі, а діаметрально розташовані пази – одночасно на двосторонніх фрезерних верстатах. Для компенсації зносу фрези по діаметру й одержання точних за шириною пазів застосовують патрони, що забезпечують регулювання ексцентриситету фрези (рис. 7.13). При фрезеруванні сегментних пазів обов'язковим є підтримання фрези за допомогою заднього центра (рис. 7.14, а). Глибокі вушка обробляють на вертикально-фрезерному верстаті з реалізацією підтримання інструмента із застосуванням втулки (рис. 7.14, б). Т-подібні пази виконують в два проходи: дисковою та грибковою фрезами (рис. 7.14, в), а пази типу ластівчин хвіст – кутовою фрезою на вертикально-фрезерному верстаті з поворотною головкою (рис. 7.14, г).

### Обробка профільних поверхонь

Профільні поверхні обробляють фасонними фрезами, наборами фрез, черв'ячними фрезами та за допомогою копіювальних пристроїв. Затіловані або гострозаточені фрези зі швидкорізальної сталі [7], армовані твердим сплавом або із ЗБП мають невелике число зубців, допускають відносно

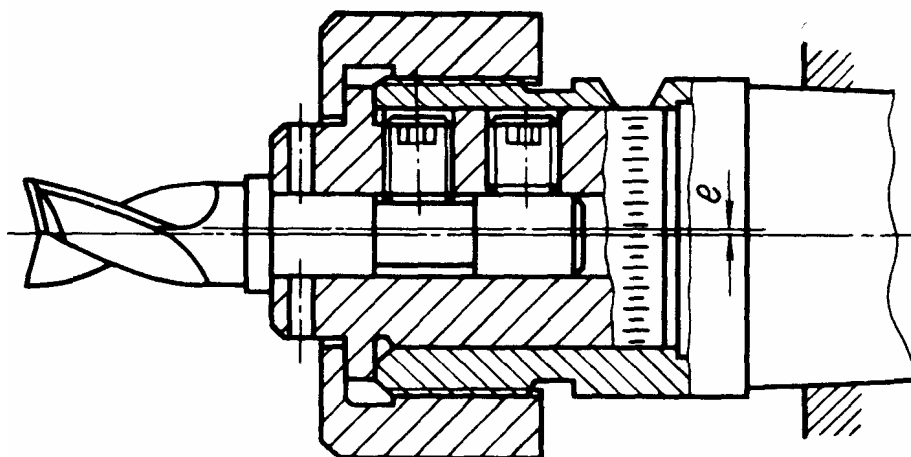


Рис. 7.13. Схема закріплення кінцевої фрези в ексцентриковому патроні;  $e$  - ексцентриситет

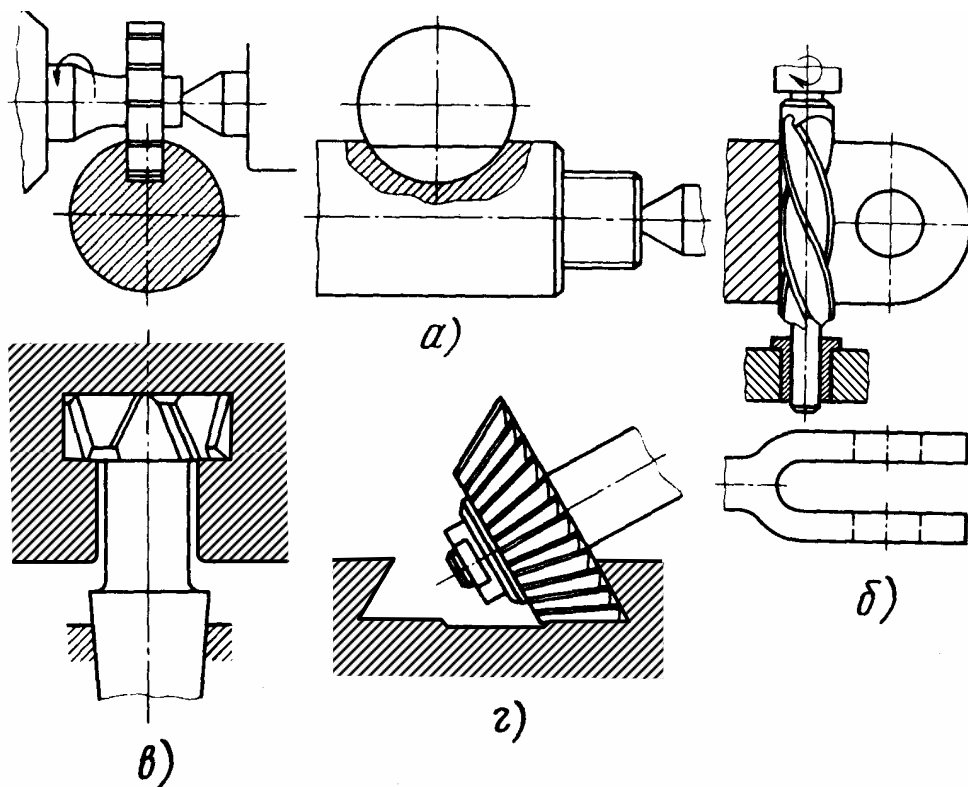


Рис. 7.14. Схеми фрезерування: а – паза під сегментну шпонку; б – вушка кінцевою фрезою; в – Т-подібного паза грибковою фрезою; г – паза типу „ластівчин хвіст” кутовою фрезою

низьку подачу на зуб і, внаслідок цього, при їх експлуатації значна продуктивність обробки не забезпечується. Гострозаточені фасонні фрези мають більше число зубців та кращі геометричні параметри, у зв'язку із чим при наявності спеціального устаткування для переточування доцільнішим є застосування саме цього інструмента. Набори фрез із ЗБП, розраховані на використання стандартних різальних пластин і служать для обробки профілів, що містять прямі, кутові та радіусні ділянки. Набори фрез (рис. 7.15) рекомендується зберігати й експлуатувати закріпленими на оправках. На кресленнях наборів фрез вказують коди всіх інструментів, що входять до їх

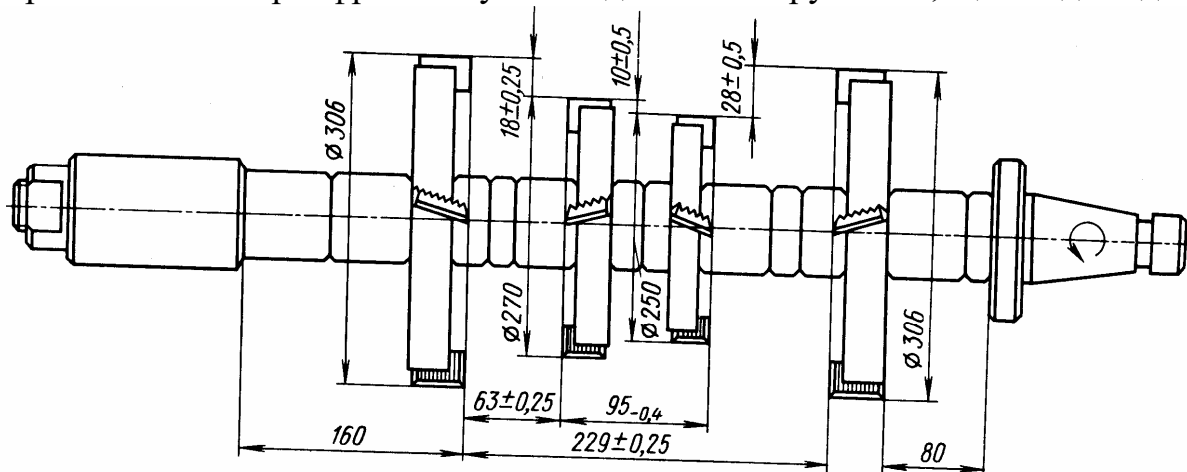


Рис. 7.15. Набір фрез на оправці

комплектів, а також відстані між фрезами, допустиму різницю діаметрів, торцеве та радіальне биття та інші умови, при дотриманні яких забезпечується експлуатація інструмента без необхідності здійснення його додаткового підналагодження на верстаті.

Для нарізання на зубофрезерних верстатах зубців храповиків, зірок і тому подібних елементів з використанням методу обкатування звичайно застосовують черв'ячні фрези. Крім цього, подібні операції з дещо нижчими продуктивністю та точністю можна виконувати і за допомогою фасонних фрез при послідовних одиничних поворотах заготовки. Копіювальне фрезерування здійснюють на верстатах (пристосуваннях) прямої дії, а також і на обладнанні зі слідкувальним приводом. У першому випадку зміна форми копію передається безпосередньо на копіювальний ролик, який сприймає також сили різання, що виникають при фрезеруванні (рис. 7.16). При реалізації другого способу зміну форми копію сприймає слідкувальний пристрій (електричного, гідравлічного або пневматичного типу), який через підсилювач передає відповідну команду виконавчому механізму верстата (рис. 7.17). Верстати зі слідкувальним приводом є досконалішими, оскільки забезпечують безступінчасте регулювання швидкостей подач, при цьому відхилення розмірів виробу від розмірів копію знаходиться в межах  $\pm (0,02 \div 0,2)$  мм, а параметр шорсткості обробленої поверхні  $Ra = 1,2 \div 0,3$  мкм. Крім цього, на верстатах зі слідкувальним приводом, мож-

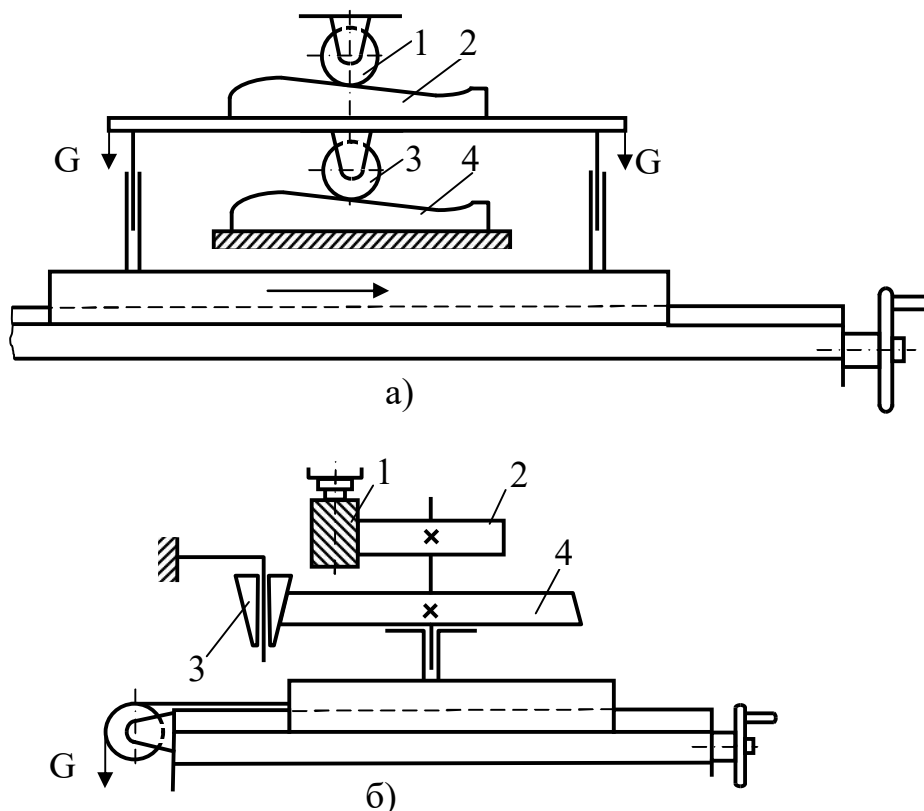


Рис. 7.16. Схеми копіювального фрезерування: а – з подовжньою задавальною подачею; б – з коловою задавальною подачею; 1 – фреза; 2 – заготовка; 3 – копіювальний ролик; 4 – копір; G – вантаж

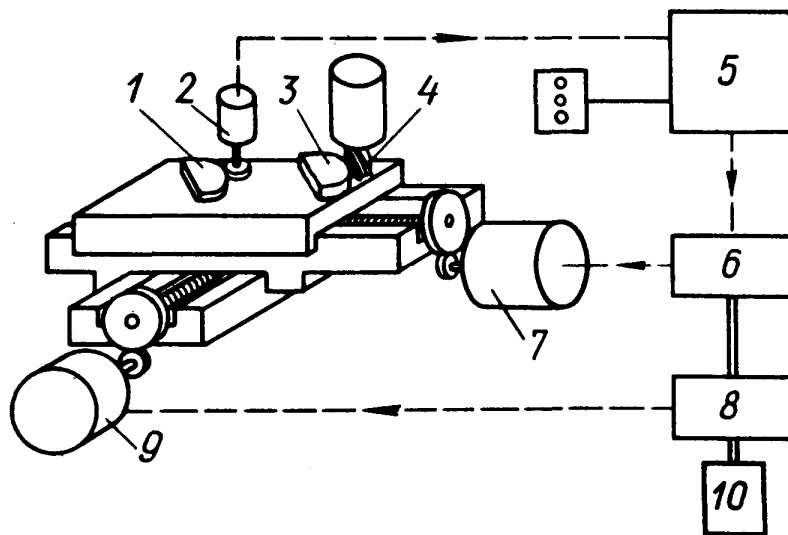


Рис. 7.17. Схема двокоординатного копіювально-фрезерного верстата: 1 – копій; 2 – слідкувальний пристрій; 3 – заготовка; 4 – фреза; 5 – підсилювач; 6 – генератор; 7, 9 – слідкувальні електродвигуни подачі; 8 – генератор; 10 – електродвигун привода головного руху

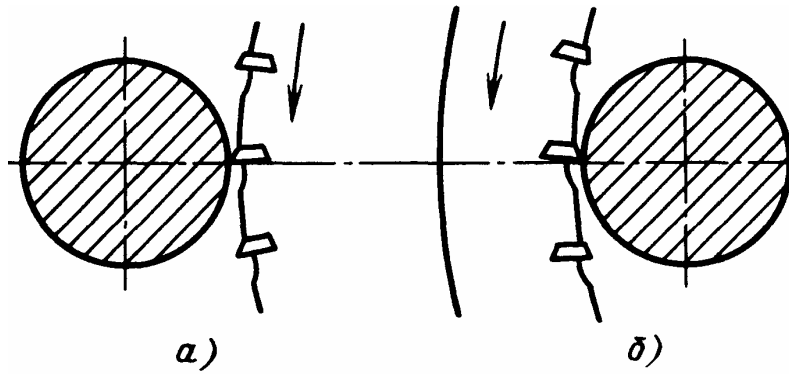
лива обробка складних плоских криволінійних поверхонь у системі координат XY, а також складно-просторових поверхонь у системі XYZ.

Ефективнішим ніж обробка на копіювально-фрезерних верстатах є фрезерування криволінійних поверхонь з використанням командоапаратів, програмних пристроїв з електронно-гідравлічним приводом, а також ПЧПК.

### Контурне фрезерування

Контурне фрезерування поверхонь тіл обертання є одним з найпродуктивніших способів механічної обробки, що в ряді випадків ефективно замінює точіння. Виконують таке фрезерування периферією дискової фрези при її зовнішньому дотику оброблюваної поверхні або робочою поверхнею отвору кільцевого інструмента – при внутрішньому дотику. В обох випадках заготовку обробляють по всьому контуру, в тому числі здійснюють підрізання торців фланців, шік і тому подібних поверхонь, що приймають до шийок, при цьому застосовують одиничні фрези або їх набори, які можуть включати монолітні інструменти з швидкорізальних сталей або складені фрези з ЗБП. Пластинки чергуються від зуба до зуба в шаховому порядку, охоплюючи весь оброблюваний контур. Особливо широкі циліндричні поверхні фрезерують в два переходи, забезпечуючи зміщення інструмента в осьовому напрямку.

Тіла обертання фрезерують при зовнішньому (рис. 7.18, а) або внутрішньому (рис. 7.18, б) контакті інструмента із заготовкою. Подача при цьому може бути врізною (радіальною) або коловою (при обертанні заготовки або планетарному русі інструмента).



Рові. 7.18. Схеми круглого фрезерування поверхонь тіл обертання: а – при зовнішньому контакті заготовки та інструмента; б – при їх внутрішньому контакті

При досягненні максимальної площі поперечного перерізу шару, що зрізається, величину врізної подачі зменшують на 50 – 60%, колової – на 25 – 30%.

Швидкість різання визначається частотою обертання інструмента. В залежності від оброблюваного матеріалу для інструмента зі швидкорізальної сталі  $v = 40 \div 60$  м/хв, із твердого сплаву –  $v = 80 \div 135$  м/хв. Оптимальне значення врізної подачі 0,2 – 0,3 мм/зуб, колової подачі – 0,4 – 0,5 мм/зуб.

На рис. 7.19 показана схема контурного фрезерування східчастого вала набором фрез із ЗБП. Машинний час  $T_m = 0,33$  хв, штучний на обробку однієї заготовки з врахуванням допоміжного часу, потрібного на обслуговування верстата (0,2 хв) та часу автоматичної заміни заготовки (0,1 хв) –  $T_{шт} = 0,63$  хв.

Контурне фрезерування колінчастих валів здійснюють при викорис-

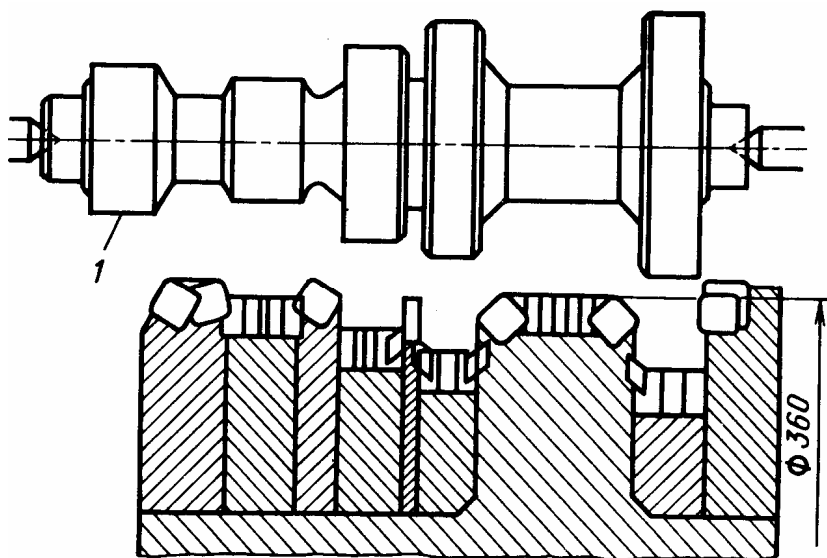


Рис. 7.19. Схема контурного фрезерування заготовки деталі типу «східчастий вал» набором фрез фірми „Хейнляйнзйтц-ман” (ФРН); 1 – заготовка

танні двох основних способів: при жорсткому закріпленні оброблюваного вала або при його обертанні навколо осі корінних підшипників. Під час фрезерування забезпечується зовнішній або внутрішній контакт заготовки та інструмента, яким є дискова або кільцева фреза із ЗБП. Дискові фрези центрують на шпинделі верстата за отвором, а кільцеві – за зовнішнім діаметром інструмента. В процесі фрезерування шатунних шийок вала інструмент здійснює зворотно-поступальний рух згідно із профілем копіра або за заданою програмою; заготовка обертається. При цьому має бути забезпечений контакт фрези з оброблюваною поверхнею відповідно до положення шийки в просторі.

У випадку обробки нерухомо закріпленого вала, при внутрішньому контакті з ним кільцевої фрези, що виконує планетарне обертання, діаметр останньої повинен бути меншим діаметра дискової фрези. При цьому умови роботи привода передачі кращі, а витрати на інструмент – приблизно на 30% нижчі. Одночасну обробку двох пар корінних шийок, пари шатунних або одної шатунної та корінної шийок здійснюють, як правило, з використанням двох фрезерних роторів. Максимальні відхилення розмірів при такій обробці: для діаметрів шийок  $+0,1$  мм, для відстаней між підшипниками  $+0,15$  мм, для радіусів кривошипів  $+0,1$  мм. Параметр шорсткості оброблюваних поверхонь  $Ra = 5 \div 8$  мкм. Потужність головного привода кожного з роторів 30 – 55 кВт, потужність привода колової подачі 2,5 – 4 кВт. Оптимальна величина подачі 0,35 – 0,45 мм/зуб. Допоміжний час на установлення та зняття заготовки в автоматизованому циклі 0,8 – 1,0 хв; час потрібний на керування верстатом 0,25 – 0,3 хв/цикл;  $T_m = 1,0 \div 2,5$  хв;  $T_{шт} = 3 \div 6$  хв.

Разом з фрезою постачаються до десяти і більше комплектів пластин зі сплаву ТТ10К8Б, що закріплюються механічним способом. Внутрішній діаметр фрези при збігу її осі з віссю центрів верстата (нейтральне положення) повинен допускати можливість безперешкодного проходу скрізь нього колінчастого вала, патронів передньої і задньої бабок, а також розміщення роторів у процесі обробки.

Стійкість фрези складає 400 шийок при масі знятої стружки 1 кг і 100 шийок – при масі стружки 4 кг. Середня стійкість – 480 хв.

На рис. 7.20 показані схеми виконання переходів механічної обробки колінчастого вала восьмициліндрового V-подібного автомобільного двигуна. Заготовку піддають попередній обробці, яка включає переходи фрезерування торців, центрування та фрезерування базових поверхонь.

Всю контурну обробку проводять на спеціальних однотипних фрезерних верстатах. Схема на рис. 7.20 пояснює, яке положення займає фреза відносно оброблюваної поверхні вала: I – нейтральне положення, при якому здійснюється установлення та зняття заготовки; II – врізання при нерухомому роторі; III, IV – планетарне обертання фрези (колова подача на кутовій ділянці в  $360^\circ$ ; V – зупинка обертання та відведення ротора з фрезою в нейтральне положення I.



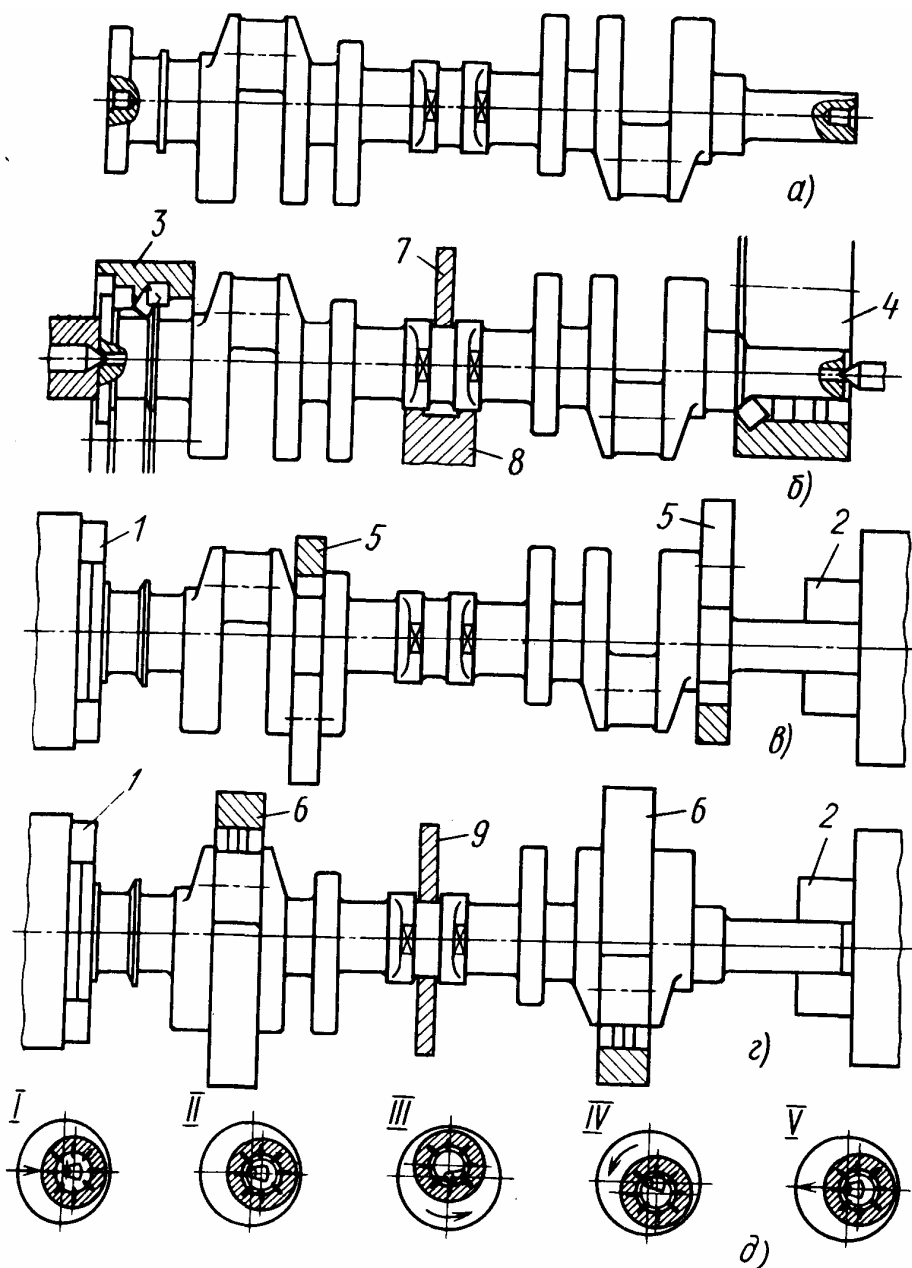


Рис. 7.20. Схеми контурного фрезерування заготовки колінчастого вала: а – заготовка; б – фрезерування хвостовиків та фланця; в – фрезерування корінних шийок; г – фрезерування шатунних шийок; д – положення, які займає фреза в процесі обробки

Контурну обробку вала здійснюють на трьох верстатах. Наборами фрез 3, 4 із ЗБП фрезерують поверхні хвостовика, фланця та ділянок, які до нього прилягають. При цьому вал установлюють базовими поверхнями на опору 8 та фіксують в осьовому і радіальному напрямках за допомогою затискача 7 (рис. 7.20, б). На іншому верстаті при закріпленні вала в патронах 1 і 2, із застосуванням фрез 5 із ЗБП обробляють попарно за два переходи чотири корінні шийки (рис. 7.20, в). На третьому верстаті, вал, установлений в патронах 1, 2 та на лонеті 9, піддають подальшій обробці – фрезерують попарно його шатунні шийки (рис. 7.20, г). Після завершення

фрезерування першої пари шийок вал повертають (для здійснення повороту до складу передньої бабки додатково введений ділильний пристрій), зміщують ротори з фрезами б на потрібну відстань в осьовому напрямку та обробляють другу пару шатунних шийок.

### **Обробка гвинтових поверхонь**

Гвинтові поверхні фрезерують дисковими, кінцевими („пальцевими”) та черв'ячними фрезами. Умовно гвинтові поверхні можна розділити на такі, що не накладаються одна на одну (канавки різальних інструментів, копіїв тощо) і такі, що взаємно накладаються (наприклад, різьби).

Профіль твірної поверхні інструмента повинен бути розрахований, виходячи із заданих геометричних параметрів гвинтових канавок, що є особливо важливим при обробці поверхонь з великими кутами підйому гвинтової лінії. Гвинтові поверхні фрезерують при одночасному відносному обертально-поступальному русі заготовки та інструмента. Заготовку закріплюють у ділильній головці, що включена у кінематичний ланцюг верстата, налагодженого на задані кут і крок гвинтової лінії. При необхідності виконання гвинтових канавок на конічній поверхні заготовку установлюють під кутом до осі інструмента, що дорівнює половині кута конуса. Після налагодження верстата на середнє значення кроку гвинтової лінії, за допомогою копіра-кутника корегують кут повороту незакріпленого столу в процесі його подовжнього руху.

Крім цього, гвинтові канавки на конічних поверхнях можуть оброблятися із застосуванням фрезерних верстатів з ЧПК. В подібних випадках заготовку до початку фрезерування повертають у горизонтальній площині на кут, що дорівнює куту гвинтової лінії  $\omega$ , без нахилу її осі у вертикальній площині. При цьому корегування величини змінного кроку гвинтової канавки та її глибини здійснюється за програмою.

Прямокутні та трапецеїдальні гвинтові канавки копіїв обробляють пальцевими фрезами, а евольвентні поверхні зубців шестерень та валів – черв'ячними фрезами на зубофрезерних верстатах.

Різьби великого кроку або великої довжини отримують із застосуванням монолітних або складених дискових різьбових фрез при одночасному безперервному обертанні та повільному осьовому зміщенні заготовки. Необхідну глибину різьби забезпечують шляхом настроювання відповідної величини відстані між осями заготовки та інструмента.

Продуктивність обробки різьб гребінчастими фрезами нижча, ніж продуктивність нарізання їх за допомогою головок та мітчиків. Ще продуктивнішими є технологічні процеси накатування різьб. Як правило, фрезеруванням отримують різьби на великогабаритних заготовках, закріплення яких на інших верстатах є неможливим. Крім цього, на фрезерних верстатах обробляють різьби, що перетинаються шпонковими пазами або лисками (рис. 7.21), різьби на тонкостінних заготовках, різьби з обмеженим збігом. При нарізанні різьби гребінчастою фрезою подовжня по-

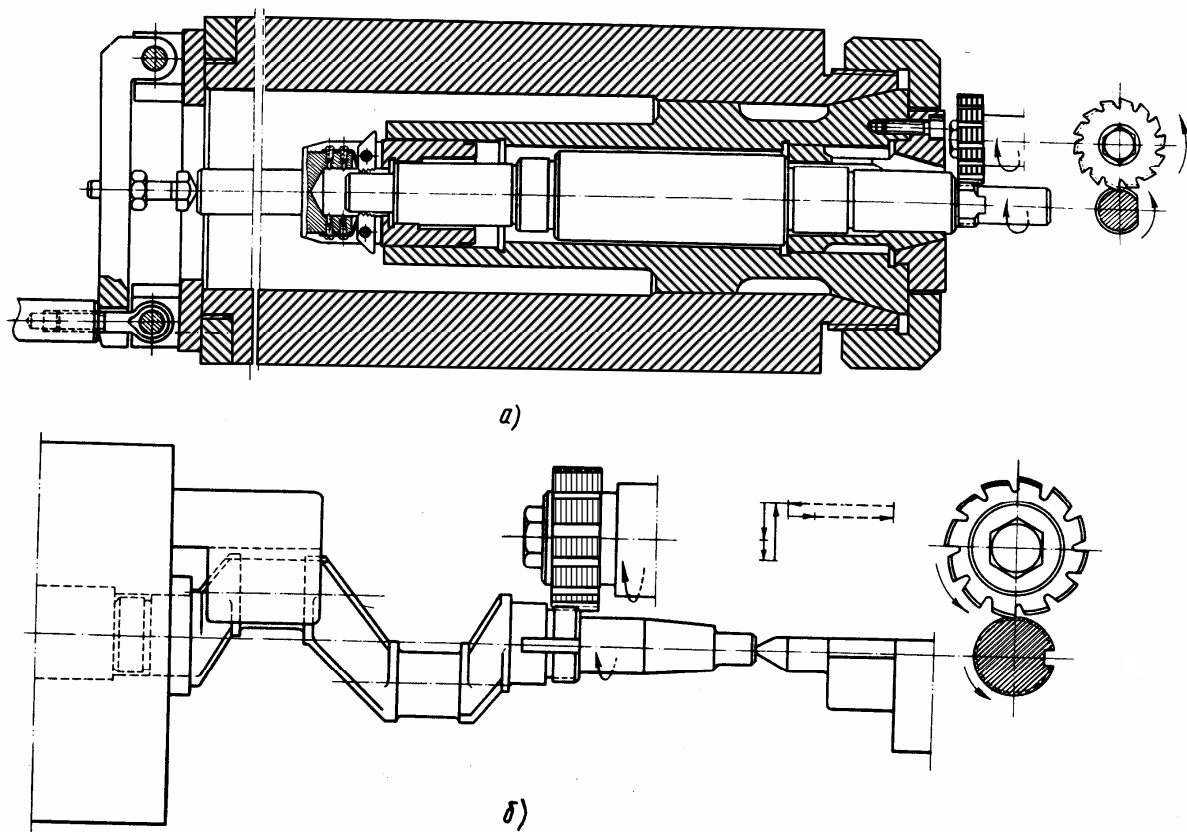


Рис. 7.21. Схеми наладок різьбофрезерного верстата: а – при обробці різьби заготовки, установлені на шпинделі; б – при фрезеруванні різьби на колінчастому валу

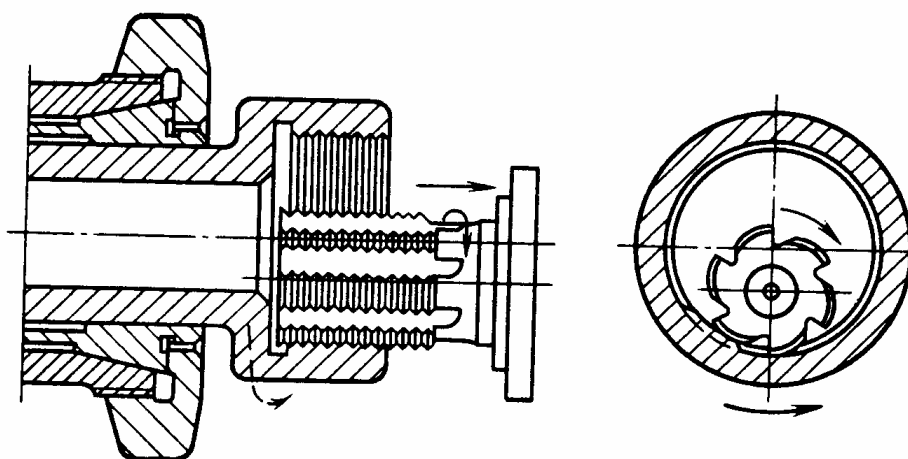


Рис. 7.22. Схема фрезерування внутрішньої різьби із застосуванням гребінчастої фрези

дача  $s_{np}$  визначається як  $s_{np} = (1,1 \div 1,2)P \cdot i$ , де  $P$  – крок різьби;  $i$  – число її заходів. Різьбофрезеруванням забезпечують поле допуску  $6h/6H$  та параметр шорсткості обробленої поверхні  $Ra = 5 \div 2,5$  мкм. Гребінчастою фрезою певного кроку та довжини можна обробляти всі зовнішні різьби даного кроку незалежно від їх діаметра; при фрезеруванні внутрішніх різьб

(рис. 7.22) діаметр інструмента не повинний бути більшим  $3/4$  діаметра різьби. Швидкість різання  $v = 20 \div 50$  м/хв; подача  $s_z = 0,03 \div 0,05$  мм/зуб. Ефективність різьбофрезерування зростає при застосуванні інструментів, армованих твердим сплавом, а також складених фрез внутрішнього дотику, наприклад, оснащених дисковими гребінками. Останні експлуатують на спеціальних різьбофрезерних верстатах.

### Інтенсифікація фрезерної обробки

Оснащення фрезерних верстатів спеціальними лінійками з візирами, а також пристроями цифрової індикації дозволяє підвищити точність виконуваних операцій по трьох координатах до сотих часток міліметра, значно спростити обслуговування верстата та підвищити продуктивність роботи. Застосування під час експлуатації звичайних фрезерних верстатів спеціальних пристосувань забезпечує часткове або повне скорочення втрат часу на реалізацію допоміжних ходів та закріплення заготовки (рис. 7.23, 7.24).

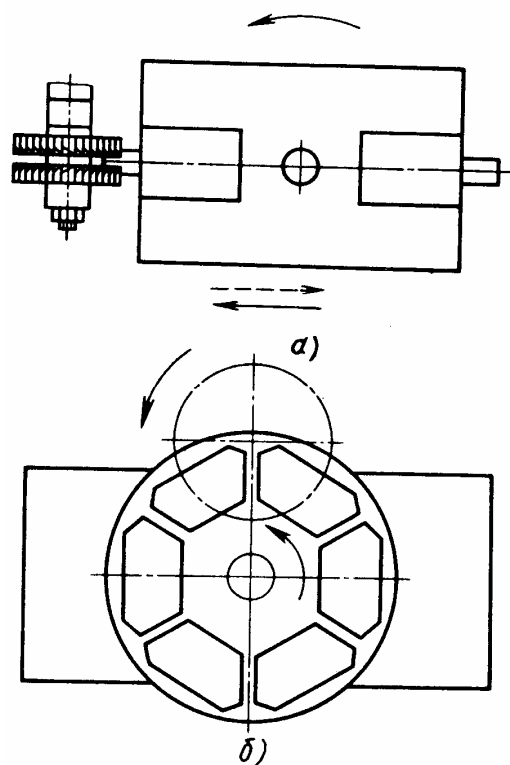


Рис. 7.23. Схеми фрезерування заготовок: а – при закріпленні їх на поворотному столі в двох пристосуваннях; б – на вертикально-фрезерному верстаті з обертовим столом

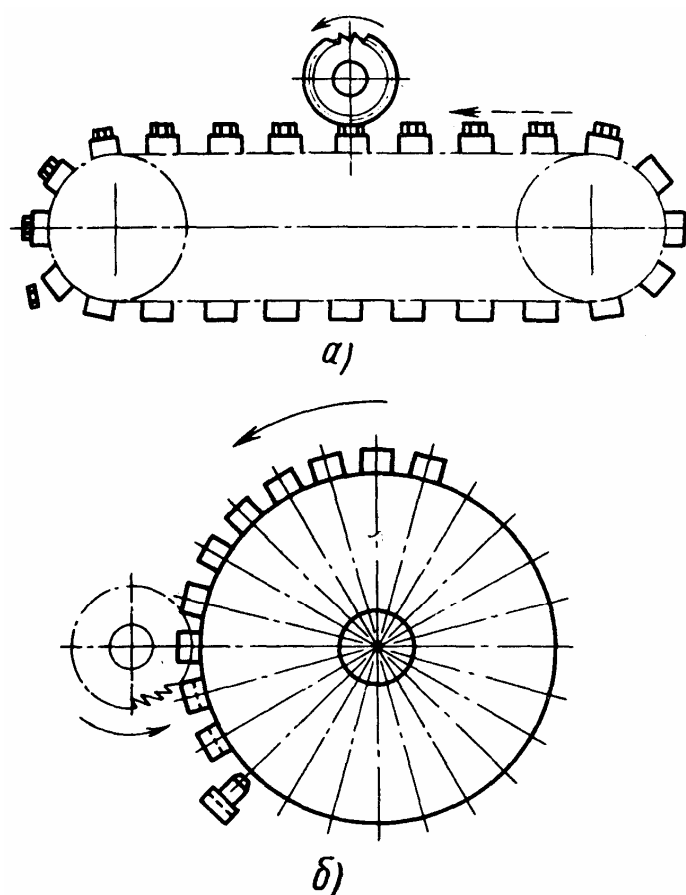


Рис. 7.24. Пристосування до горизонтально-фрезерного верстата: а – конвеєрного типу; б – барабанного типу

Оснащення універсальних фрезерних верстатів пневматичними або гідравлічними затискними пристосуваннями та командоапаратами керування виробничим циклом, дозволяє перетворити їх у напівавтомати. Фре-

зерні та багатоопераційні верстати з ЧПК особливо доцільно використовувати для комплексної обробки заготовок у серійному виробництві.

## 7.2. Хід роботи

1. Ознайомитись з технологічними можливостями фрезерних верстатів, способами підвищення продуктивності їх роботи, схемами виконання основних фрезерних операцій (відрізання, обробки плоских, кутових, профільних та гвинтових поверхонь, контурного фрезерування), інструментом та пристосуваннями, які при цьому застосовують.

2. Розділитись на бригади та отримати від викладача завдання, заготовку, інструмент та елементи УСП для виконання плоского фрезерування поверхні заготовки корпусної деталі з використанням циліндричної фрези, обробки набором дискових фрез двох бокових уступів та одного центрального паза заготовки іншої корпусної деталі або прорізання дисковою фрезою в заготовці деталі типу „вал” пазу під сегментну шпонку.

3. Залежно від варіанта завдання, за вихідними даними та методикою, що наведена у довідковій літературі [7] розрахувати режими різання для виконання заданої фрезерної операції, установити на універсальному горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6Н81Г відповідний інструмент, закріпити на його столі заготовку, настроїти кінематичні ланцюги верстата на роботу із розрахованими швидкістю різання та подачею і після перевірки підготовленого верстата, інструмента та оснащення викладачем, під його наглядом, виконати механічну обробку заданих поверхонь заготовки.

4. Із застосуванням штангенциркуля обміряти фактичні розміри оброблених поверхонь заготовки та установити їх відповідність або невідповідність заданим.

## 7.3. Зміст звіту

Навести у звіті детальну послідовність підготовки та виконання заданої фрезерної операції.

## 7.4. Контрольні запитання

1. Які основні операції можуть виконуватись на фрезерних верстатах?
2. Як класифікують фрезерні верстати залежно від виду циклу обробки на них?
3. Як визначається продуктивність фрезерування?
4. Як підвищити продуктивність та ефективність фрезерування?
5. Який інструмент застосовується для виконання на фрезерних верстатах операцій відрізання?
6. Якими фрезами можна здійснювати обробку плоских поверхонь?
7. Із застосуванням якого інструмента фрезерують кутові поверхні заготовок?
8. Які фрези використовують для обробки профільних поверхонь?

## Лабораторна робота №8. Базування та закріплення заготовок при обробці на верстатах з ЧПК.

### Налагодження пристосувань

**Мета роботи:** ознайомитись зі змістом робіт з налагодження обладнання, що використовується на виробництвах різних типів, основними схемами установлення заготовок та пристосувань на столах верстатів з ЧПК, факторами, що враховуються при виборі найраціональнішої схеми в тому чи іншому випадку, а також способами вивірення положення заготовки або пристосування; отримати практичні навички вибору найраціональніших схем установлення та закріплення заготовок при обробці на верстатах з ЧПК, схем налагодження пристосувань, а також їх реалізації.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Н81Г, вертикально-фрезерний верстат моделі 6Н11Г, фрезерний широкоуніверсальний верстат з ЧПК моделі 6А76ПФ2, поперечка магнітного стояка, індикатор годинникового типу, координатні плити, мірні пластини, зразкові оправки, опорні пальці, шпонки, кріпильні елементи, заготовки різних типів.

### 8.1. Теоретичні відомості

#### 8.1.1. Задачі налагодження

Налагодження верстата є одним з найвідповідальніших етапів підготовки його до експлуатації. Правильне налагодження забезпечує підвищення продуктивності праці, якості продукції та збереження довговічності обладнання.

У ГОСТ 3.1109 – 82\* (СТ СЕВ 2064 – 79, СТ СЕВ 2522 – 80, СТ СЕВ 2523 – 80) дається означення термінів налагодження та підналагодження.

Налагодження – це підготовка технологічних обладнання та оснащення до виконання технологічної операції.

Підналагодження – це додаткове регулювання технологічного обладнання і (або) технологічного оснащення при виконанні технологічної операції для відновлення первинних значень параметрів налагодження.

Таким чином, під налагодженням слід розуміти комплекс операцій з підготовки нового верстата або обладнання, що вже знаходилися протягом певного часу в експлуатації, до роботи згідно із його технологічним призначенням, а також з підтримання верстата у працездатному стані. Скорочення часу налагодження особливо важливе у зв'язку із все ширшим використанням верстатів з ЧПК в дрібносерійному виробництві.

Налагодження верстата з ЧПК в загальному випадку включає операції підготовки, установлення і закріплення різального, допоміжного та контрольного інструмента, технологічного оснащення, пристосувань та заготовки, настроювання кінематичних ланцюгів верстата, установлення його виконавчих елементів у вихідне для початку роботи положення, спробної обробки контрольної деталі, корегування при необхідності положення ін-

струмента, заготовки та режимів різання, усунення помилок у керуючій програмі.

При одиничному або дрібносерійному виробництві, коли задану точність обробки одержують в основному з використанням методу спробних проходів та промірів [4], задачами налагодження є вивірнення положення пристосування, заготовки та різальних інструментів, а також установлення

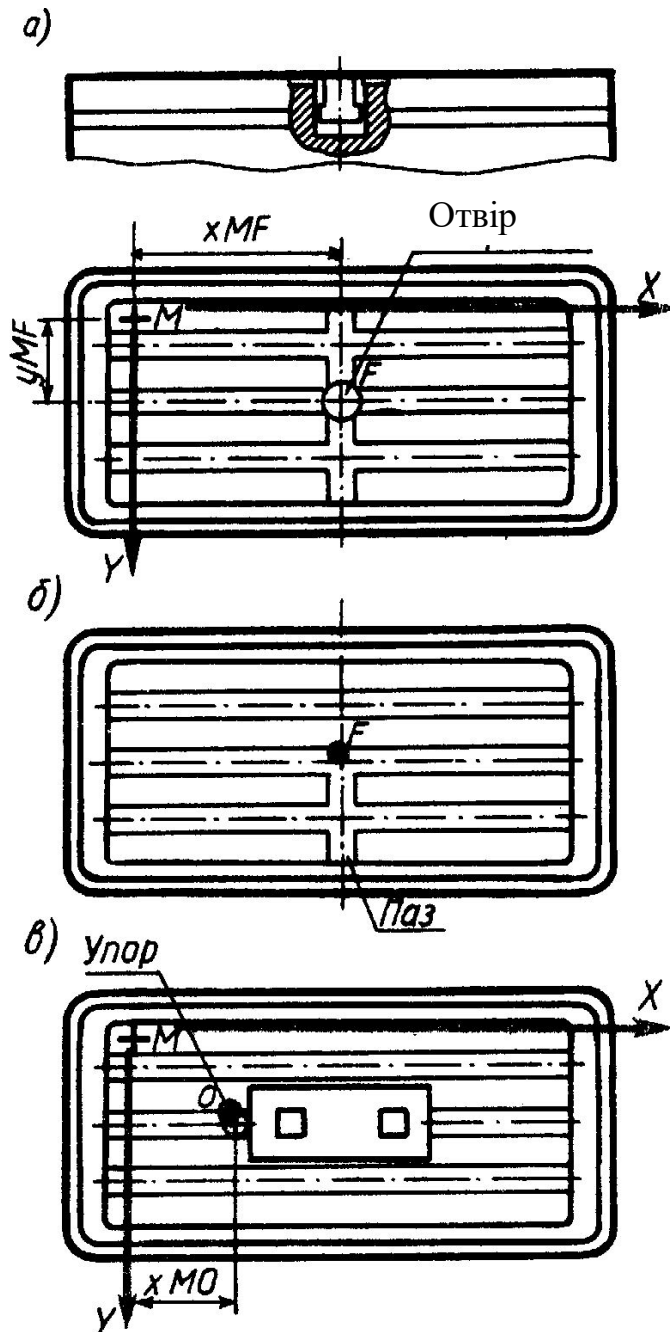


Рис. 8.1. Типи столів верстатів з ЧПК: а – з центральним отвором, подовжніми та центральним поперечним пазами; б – з подовжніми та центральним поперечним пазами; в – з подовжніми пазами

таких раціональних режимів роботи верстата, при яких забезпечуються висока продуктивність обробки, максимальна стійкість різального інструмента, задана якість оброблених поверхонь та оптимальні умови стружкоутворення.

В серійному або масовому виробництві, коли необхідна точність обробки досягається в більшості випадків шляхом реалізації методу автоматичного отримання розмірів на попередньо налагоджених верстатах, окрім вищевказаних задач потребує розв'язання задача забезпечення точності взаємного розташування різальних інструментів, пристосування, кулачків, упорів, копіїрів та інших пристроїв, що визначають величину та напрямок переміщення інструментів відносно оброблюваних заготовок.

### 8.1.2. Базування та закріплення заготовок.

Налагодження пристосувань

При виборі схеми базування заготовки на столі верстата необхідно врахувати його конструктивні особливості (рис. 8.1), зокрема наявність елементів, що визначають можливі варіанти установлення пристосування або заготовки. Необхідно також проаналізува-

ти доцільність використання з метою установлення та закріплення заготовки додаткових спеціальних пристосувань, наприклад, координатної плити [5].

На столі верстата з ЧПК заготовка може бути установлена таким чином: безпосередньо на столі верстата (рис. 8.2, а); в пристосуванні, що базується на столі верстата (рис. 8.2, б); в пристосуванні, закріпленому на координатній плиті, яка, в свою чергу, базується на столі верстата (рис. 8.2, в); безпосередньо на координатній плиті (рис. 8.2, г, д).

Безпосередньо на столі верстата заготовку установлюють в тих випадках, коли вона має великі габарити, велику за площею опорну поверхню та елементи, за допомогою яких може бути здійснене її просте та надійне закріплення на столі. Крім цього, обсяги обробки таких заготовок повинні бути порівняно невеликими, а час обробки – достатньо тривалим. Типовим прикладом описаних заготовок можуть бути заготовки великогабаритних корпусних деталей, невеликі партії яких обробляються на фрезерних або багатоцільових верстатах при високій концентрації переходів та операцій.

Якщо заготовки мають невеликі розміри, не містять елементів для їх ефективного базування та закріплення, обробляються достатньо великими партіями при низькій концентрації переходів та підвищених вимогах до точності і продуктивності обробки, то для їх установлення на верстаті доцільно використовувати універсальні або спеціальні пристосування.

Самі пристосування установлюють безпосередньо на столі верстата або на координатній плиті, застосування якої дозволяє підвищити точність базування пристосування, а також його швидкозмінність. Координатна плита має сітку Т-подібних пазів або отворів, що сприяє розширенню технологічних можливостей верстата, спрощенню задачі установлення та закріплення заготовок або пристосувань і зниженню часу, який потрібний для вивірення їх положення. Координатні плити можуть містити вертикальні площини або площини з регульованим кутом нахилу, що служать для одночасного базування декількох пристосувань. Але найголовніше це те, що застосування координатних плит дає можливість полегшити вивірення положення заготовки або пристосування, а також розмірне налагодження інструмента. Крім цього, дані пристосування можуть бути швидко і точно установлені у задане положення відносно базових поверхонь столу верстата. Окремі точки плит після відповідного програмування досить легко ідентифікуються в системі координат верстата.

Найінтенсивніше координатні плити експлуатуються при обробці на свердлильних верстатах.

Налагодження підготовлених поза верстатом пристосувань полягає у правильному установленні їх відносно базових поверхонь столу та виконавчих елементів обладнання. Задане кутове розташування пристосування завжди повинно бути точно витримано, а варіантів лінійного розташування може бути декілька.



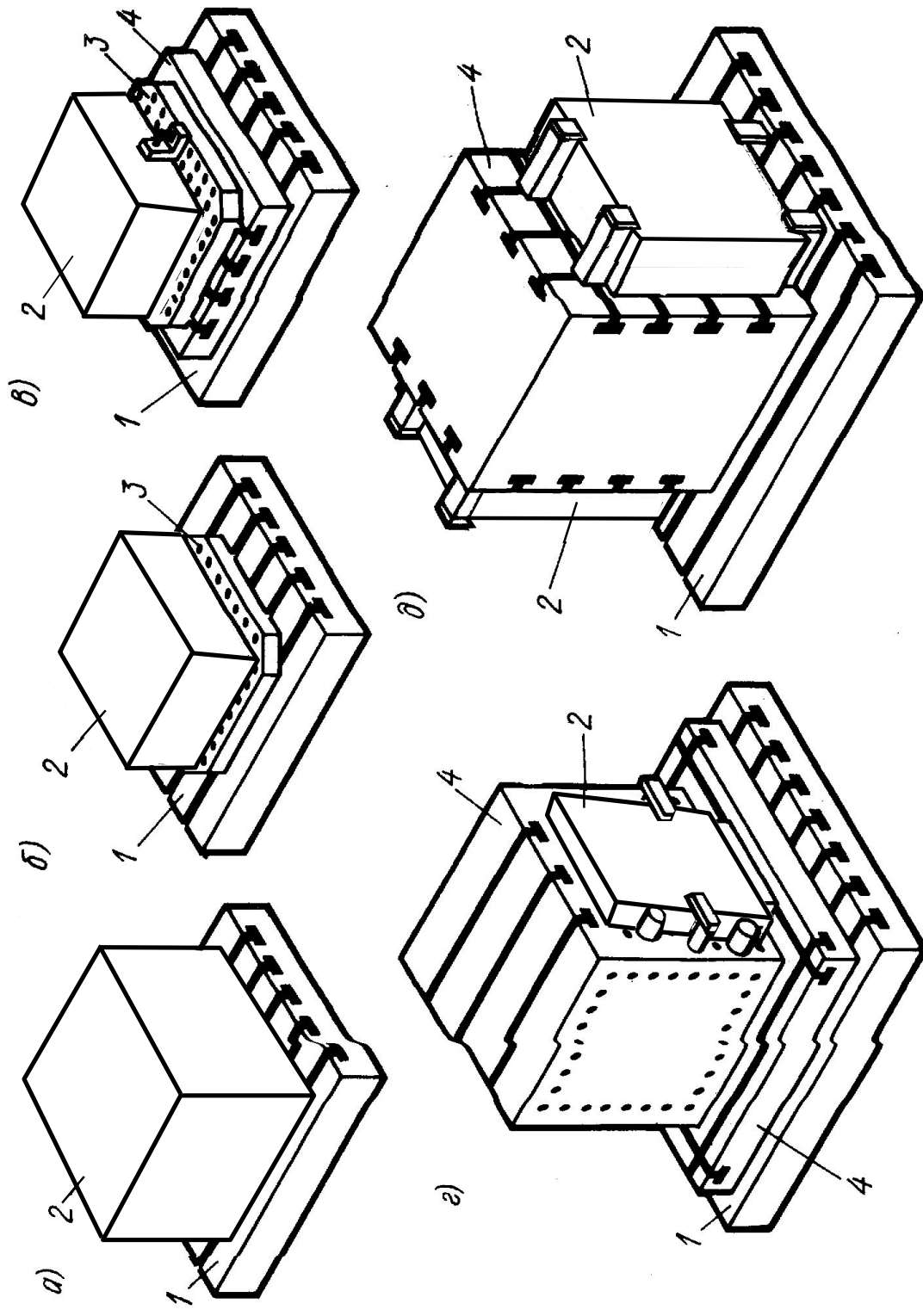


Рис. 8.2. Схеми базування заготовок на столах верстагів з ЧПК: 1 – стіл верстага; 2 – заготовка; 3 – пристосування; 4 – координатна плита

1. Пристосування має зайняти єдине можливе положення. У подібному випадку здійснювати його вивірення не потрібно. Згідно із даним варіантом лінійного розташування, у шпинделі токарного верстата закріплюється затискний самоцентрувальний патрон, повідковий пристрій, глухий центр або конічна оправка інструмента.

2. Керуючою програмою допускається довільне установлення пристосування відносно осей координат верстата. Подібний варіант розташування пристосування реалізується при його базуванні на столах свердлильних, фрезерних або розточувальних верстатів у тих випадках, коли обробка заготовки здійснюється тільки з однієї її сторони. При цьому пристосування можна установити в будь-якому місці на столі верстата, з вивіренням лише його кутового положення.

3. Пристосування повинно зайняти відносно виконавчих елементів верстата єдине допустиме керуючою програмою положення з великого числа можливих. Даний варіант розташування пристосування здійснюється під час налагодження верстата для обробки заготовки з декількох сторін при періодичних поворотах столу. При цьому в процесі установлення необхідно окрім кутового розташування пристосування, вивірити його положення в лінійних координатах відносно осі повороту столу.

На столі верстата пристосування також можна орієнтувати згідно із різними варіантами.

Якщо стіл має точний подовжній Т-подібний паз і центральний отвір, положення яких визначено відносно нуля верстата (див. рис. 8.1, а), то

опорна плита пристосування повинна мати дві базові шпонки та палець (рис. 8.3, а).

При наявності на поверхні столу верстата поперечного паза, на поверхні опорної плити пристосування закріплюють три шпонки: дві подовжні і одну поперечну (рис. 8.3, б). Застосування такого способу установлення пристосувань дозволяє порівняно точно розмістити положення їх базових елементів відносно початку координат верстата.

Якщо стіл верстата має тільки подовжні пази (див. рис. 8.1, в), то орієнтувати пристосування в поперечному напрямку слід за допомогою двох шпонок, установлених на його опорній плиті, тоді як в подовжньому напрямку – з викорис-

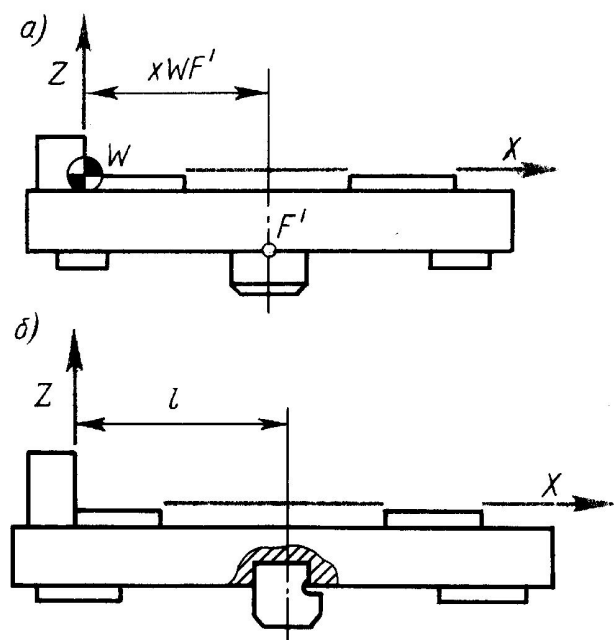


Рис. 8.3. Можливі схеми базування пристосувань на столі верстата з ЧПК: а – за двома шпонками та базовим пальцем; б – за трьома шпонками

танням упора, положення якого заздалегідь вивіряють, забезпечуючи заданий розмір  $xMO$ .

При відсутності у пристосування елементів орієнтації відносно столу верстата або при необхідності точнішого його встановлення відносно базової точки, застосовують спосіб вивірення за віссю шпинделя. Так, якщо потрібно вивірити положення пристосування 4 (рис. 8.4, а) та пов'язаних з ним елементів 3 відносно базової точки  $F$  – центру повороту столу 1 верстата, із дотриманням розмірів  $A$  і  $B$ , можна використати мірну оправку 2 діаметром  $d$ , яку закріплюють у шпинделі верстата, а також кінцеву міру товщиною  $a$ . Вісь шпинделя суміщають з вертикальною площиною, що проходить через цент повороту столу, тобто через базову точку  $F$ . Дане положення, яке задається у паспорті верстата, визначається за приладами індикації положення столу у напрямку осі  $X$ . Далі в режимі ручного керування переміщують стіл праворуч за схемою на відстань  $C = A - a - d/2$  до забезпечення контакту поверхні оправки з кінцевою мірою. При необхід-

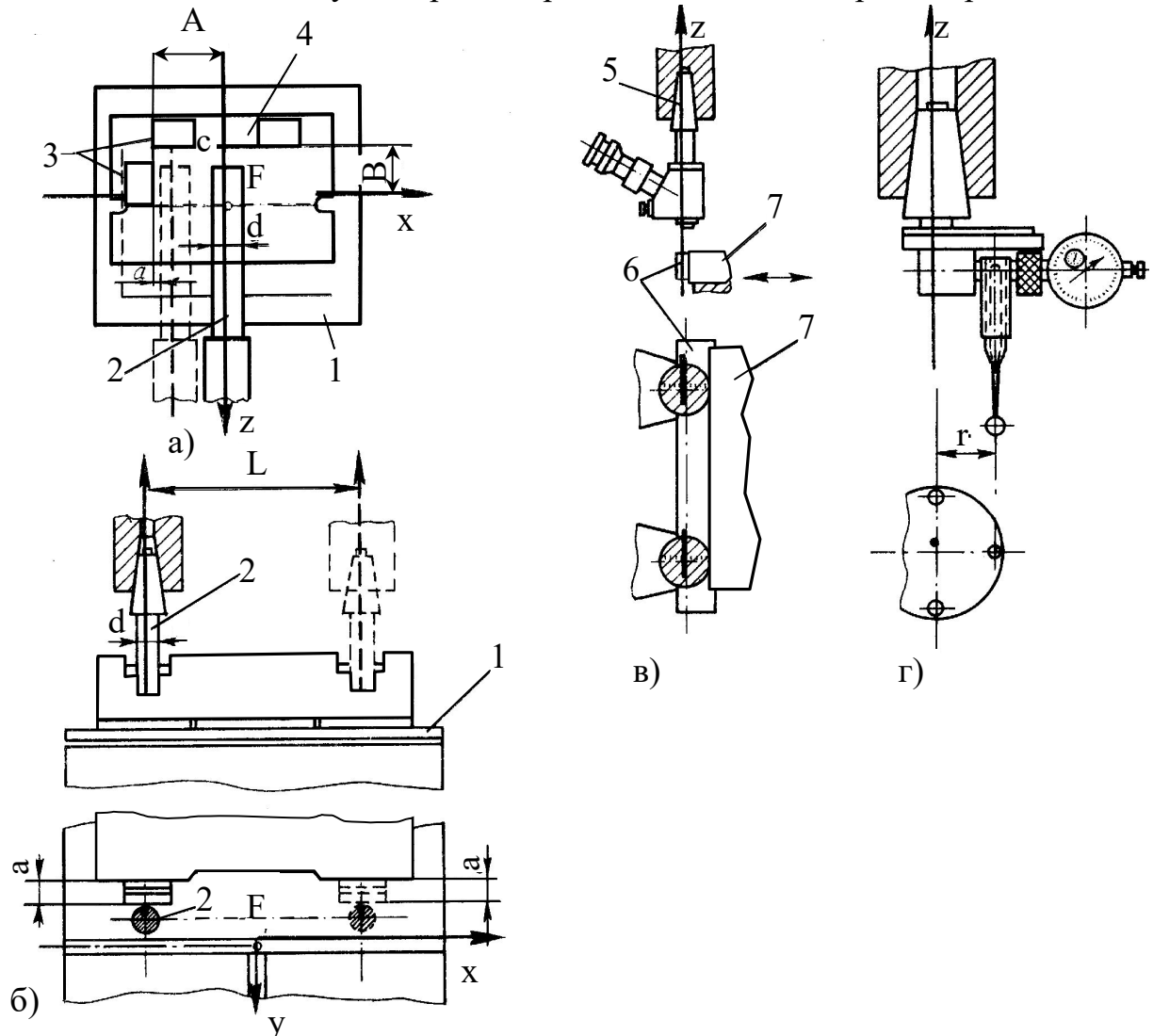


Рис. 8.4. Схеми вивірення положення заготовок та пристосувань на столі верстата з ЧПК відносно осі його шпинделя: а, б – за допомогою мірних оправки та пластин; в, г – з використанням центрошукача (в – оптичного; г – індикаторного)

ності, за результатами вимірювань пристосування відносно осі  $X$  наближають або відсувають від осі повороту. Після повороту столу на  $90^\circ$  здійснюють вивірення його положення із дотриманням розміру  $V$ .

Використовуючи мірні оправки, набори площиннопаралельних кінцевих мір, щупів, калібрів, шаблонів та штангенінструмент, можна достатньо точно і просто вивірити положення площин базових елементів пристосування або поверхонь заготовки у подовжньому (рис. 8.4, б) та в поперечному напрямках, переміщуючи стіл 1 верстата від одного граничного положення до іншого і забезпечуючи, заданий на базі  $L$  розмір, (відповідний товщині мірної пластини) між поверхнею оправки 2 та поверхнею 3, що вивіряється

Окрім універсальних пристосувань при налагодженні верстатів з ЧПК застосовують і спеціальні прилади, в тому числі центрошукачі оптичного та індикаторного типів.

Наприклад, оптичний центрошукач (рис. 8.4, в) закріплюють за допомогою хвостовика 5 в шпинделі верстата. На заготовку 7 або базові елементи пристосування установлюють кутник 6, на верхній полірованій поверхні якого нанесена риска. Стіл із заготовкою переміщують у поперечному напрямку до забезпечення збігу риски з центром окуляра центрошукача.

Індикаторний центрошукач (рис. 8.4, г) також установлюють в шпинделі верстата. При цьому за допомогою розглядуваного приладу настраюють задану відстань між осями отворів в заготовці та віссю шпинделя. З цією метою вимірювальний штифт центрошукача установлюють на відстані  $r$  від осі хвостовика, після чого перевіряють фактичні положення відносно неї отворів заготовки (під час перевірки необхідно періодично повертати шпиндель верстата або послідовно підводити вимірювальний штифт центрошукача до контрольних точок базової поверхні). При необхідності, за результатами перевірки, положення заготовки корегується.

## 8.2. Хід роботи

1. Ознайомитись з означеннями термінів „налагодження” та „підналагодження”, а також зі змістом налагоджувальних робіт верстатів з ЧПК залежно від типу виробництва, на якому вони використовуються.

2. Вивчити основні схеми та способи установлення і вивірення заготовок та пристосувань на столах верстатів з ЧПК. Розглянути рекомендації щодо вибору схеми базування заготовки або пристосування залежно від конструкції столу верстата, габаритів та форми заготовки, вимог щодо до її розташування відносно виконавчих елементів верстата, типу виробництва та трудомісткості обробки.

3. Ознайомитись з конструкціями та послідовністю використання центрошукачів.

4. Отримати від викладача заготовку і з врахуванням вищенаведених факторів визначити найраціональнішу схему її базування для обробки за-

даних поверхонь на одному з верстатів: горизонтально-фрезерному моделі 6Н81Г, вертикально-фрезерному моделі 6Н11Г або фрезерному широкоуніверсальному з ЧПК моделі 6А76ПФ2.

5. Згідно із вибраною схемою базування установити заготовку на верстаті.

6. Вставити в отвір шпинделя вертикально-фрезерного верстата моделі 6Н11Г або фрезерного широкоуніверсального верстата з ЧПК моделі 6А76ПФ2 зразкову оправку, і згідно із вказаним викладачем значенням відстані між віссю шпинделя та базовою точкою пристосування у вихідному для початку обробки положенні попередньо закріпити в Т-подібному пазу столу верстата опорний палець. За наведеною вище методикою (див. розділ 8.1.2) з використанням мірної пластини перевірити правильність установлення пальця і при необхідності відкоригувати його положення.

7. За допомогою прихоплювачів попередньо закріпити на столі одного з вказаних у попередньому пункті верстатів, видану викладачем заготовку деталі типу „корпус” з двома базовими отворами або вертикальними базовими поверхнями (див. рис. 8.4, б). Перевірити правильність установлення заготовки відносно шпинделя на базі L і при необхідності відкоригувати його (при перевірці точності установлення за двома вертикальними поверхнями контроль здійснюється з використанням двох мірних пластин).

8. Закріпити на зразковій оправці, вставленій в отвір одного з вказаних вище верстатів, поперечку магнітного стояка з індикатором, а на столі верстата установити, отриману від викладача заготовку з розташованими по колу базовими отворами. Згідно із наведеною у розділі 8.1.2 методикою, виконати вивірення положення заготовки на столі для забезпечення однакових відстаней від осі шпинделя до осі кожного з отворів.

### 8.3. Зміст звіту

Навести у звіті послідовність виконаних у практичній частині роботи налагоджень, а також реалізовані при цьому схеми базувань заготовок.

### 8.4. Контрольні запитання

1. В чому різниця між налагодженням та підналагодженням?
2. Які основні операції виконуються під час налагодження верстата з ЧПК, що використовується в одиничному та масовому виробництві?
3. Які відомі основні типи конструктивного виконання столів верстатів з ЧПК?
4. Які фактори враховують при виборі схеми установлення заготовки на столі верстата з ЧПК і які відомі основні варіанти даних схем?
5. Які відомі схеми базування пристосувань на столі верстата з ЧПК?
6. Вказати основні варіанти лінійного розташування пристосування відносно виконавчих елементів верстата.
7. Як за допомогою зразкової оправки та мірних пластин провести вивірення положення пристосування в площині столу верстата з ЧПК?

## **Лабораторна робота №9. Установлення виконавчих елементів верстата з ЧПК у вихідне для початку роботи положення**

**Мета роботи:** вивчити теоретично та засвоїти на практиці основні методи установлення виконавчих елементів верстатів з ЧПК у вихідне для початку обробки положення.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** вертикально-фрезерний верстат моделі 6Н11Г, горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Н81Г, фрезерний широкоуніверсальний верстат з ЧПК моделі 6А76ПФ2, зразкові циліндричні оправки, мірні пластини, базові пальці, штангенциркуль, заготовки деталей типу „корпус”, осьовий різальний інструмент, торцева фреза.

### 9.1. Теоретичні відомості

Установлення виконавчих елементів верстата з ЧПК в нуль програми є одним з основних етапів підготовки до обробки на ньому заготовки. На практиці дана задача розв'язується за допомогою одного з декількох методів.

При використанні *методу, основанийого на розрахунку розмірних ланцюгів*, шляхом обчислення розмірів, що зв'язують між собою поверхні виконавчих елементів верстата, пристосування та інструмента, визначають їх вихідні положення. У верстатах, налагоджених за результатами попередніх розрахунків розмірних ланцюгів, вихід інструмента в нуль програми (якщо координати його наперед точно визначені) може бути запрограмований в одному з перших кадрів керуючої програми. Проте слід пам'ятати, що пристосування для закріплення заготовки під час налагодження необхідно установити на столі верстата, вивірити його базові поверхні по осях відносно базової точки столу, а задане положення вершини інструмента виставити відносно базових поверхонь пристосування [5]. Очевидно, що розглянутий метод є малораціональним. По-перше, його реалізація передбачає здійснення достатньо складних розрахунків та порівняно тривалого налагодження верстата, а по-друге, існує імовірність припущення помилок при розрахунках та під час налагодження, що негативно позначається на його точності.

*При реалізації методу, що передбачає використання певних базових елементів*, здійснюється розробка керуючої програми, нуль якої визначається положенням того чи іншого елемента пристосування або заготовки. Подібним елементом може бути, наприклад, точно виготовлена втулка 2 (рис. 9.1, а), запресована у корпус 1 пристосування. У втулку під час налагодження вводять оправку 3, вставлену в конічний отвір шпинделя верстата. Це дозволяє вивірити вихідні положення виконавчих елементів по осях X та Y. Далі оправку виводять із втулки та замінюють фрезою 4 (рис.9.1,б). Вихідне положення інструмента відносно осі Z вивіряють за його торцем за допомогою кінцевої міри 5 заданої товщини **h**. Оправка для вивірення

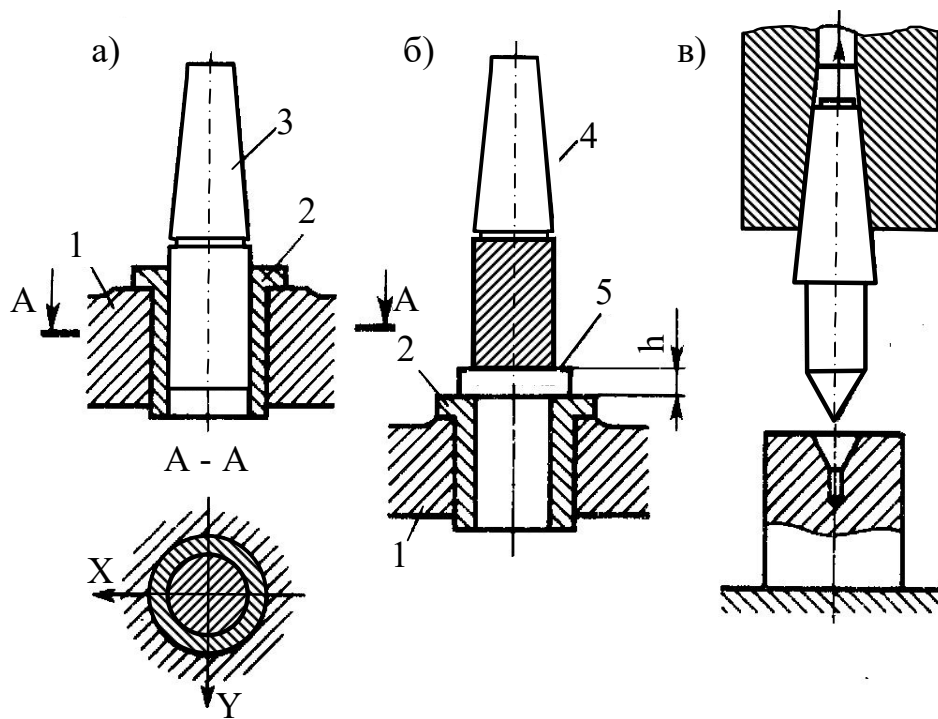


Рис. 9.1. Схеми установки виконавчих елементів верстата у вихідне положення з використанням базових втулок

може також мати конічний ступінь, а відповідна базова втулка – центровий отвір (рис. 9.1, в). В даному випадку процес налагодження ще простіший. При налагодженні пристосувань положення базових втулок може бути точно вивірено відносно нуля верстата, незалежно від того, в якій системі координат (абсолютній чи відносній) будуть задаватись переміщення виконавчих елементів. Якщо ж за нуль програми приймається положення будь-якого елемента оброблюваної заготовки, то інструмент вивіряють відносно цього елемента. Так, у випадку прийняття за нуль програми центра того чи іншого, наперед виконаного в заготовці базового отвору, для установлення вихідного положення інструмента використовують різні центровукачі (див. рис. 8.4, в, г).

*Метод, який реалізується за допомогою функції плаваючого нуля* використовується у тих випадках, коли вказана функція є вбудованою у ПЧПК верстата. При виконанні функції плаваючого нуля початок відліку в системі координат верстата можна суміщати з будь-яким поточним положенням його виконавчих елементів в межах їх робочої зони. Якщо в одному з таких положень на пульті ПЧПК натиснути відповідну кнопку скидання геометричної інформації, то на табло цифрової індикації загоряться нулі. Початок відліку координат при цьому зміщується в нову точку, відповідну даному розташуванню виконавчих елементів. Положення вказаної точки відносно нуля верстата можна зафіксувати за допомогою наявного на пульті ПЧПК набору декадних перемикачів, які інколи називають також перемикачами зсуву нуля.

Послідовність налагодження при використанні розглядуваного методу є такою. Заготовку або пристосування закріплюють на столі верстата без строгої фіксації положення відносно базової точки столу. Необхідно лише забезпечити задану паралельність базових площин відповідним осям. Далі в режимі ручного керування переміщеннями столу потрібно привести у дотик бокову поверхню каліброваної (мірної) оправки діаметром  $d$ , установленної в отворі шпинделя, з кожною по черзі боковою поверхнею заготовки (рис. 9.2). У випадку відсутності каліброваної оправки можливе використання замість неї будь-якого різального інструмента аналогічного діаметра, наприклад, фрези, при цьому дотик обертовим інструментом заготовки установлюється за слідом на її базовій поверхні. Одночасно за табло індикації визначають числові значення координат  $xMN_x$  та  $yMN_y$ . Очевидно, що координати нульової точки заготовки можна обчислити як

$$x_0 = xMN_x - B - d/2; y_0 = yMN_y - H - d/2. \quad (9.1)$$

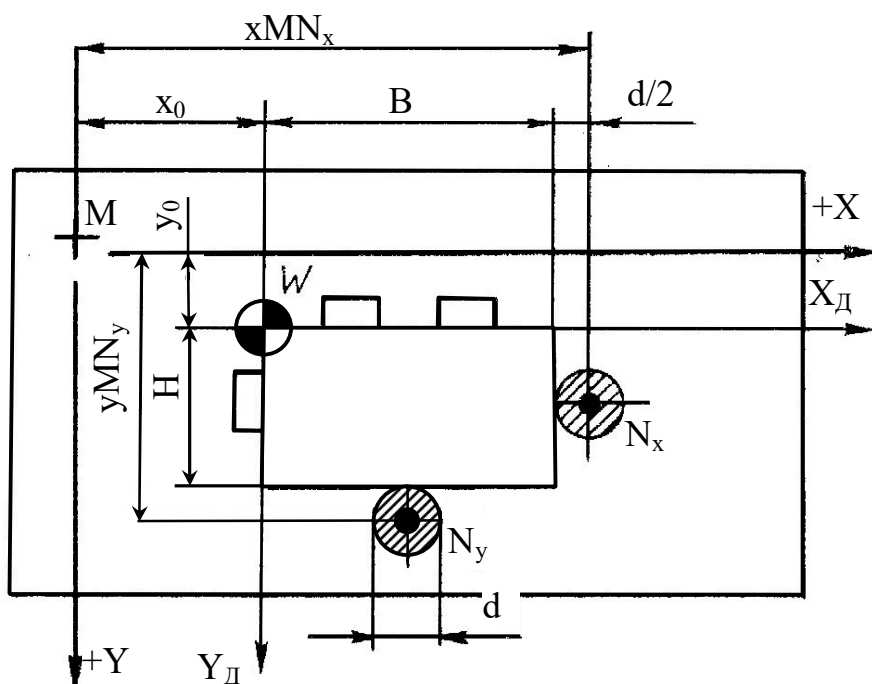


Рис. 9.2. Установлення елементів верстата у початкове положення по осях  $X$  та  $Y$  з використанням вбудованої функції плаваючого нуля та мірної каліброваної оправки

Діаметр каліброваної оправки відомий, відомі також розміри  $H$  і  $B$  заготовки або пристосування. Значення  $x_0$  та  $y_0$ , отримані шляхом розрахунку, необхідно набрати на відповідних декадних перемикачах зсуву нуля на пульті ПЧПК. В результаті початок системи координат верстата (точка  $M$ ) суміщається з нульовою точкою заготовки  $W$ , тому у подальшому відлік координат буде виконуватись відносно неї. Тепер для суміщення осі інструмента з нульовою точкою достатньо в режимі ручного керування перемістити виконавчі елементи верстата у положення, при яко-



му на табло цифрової індикації будуть горіти нулі. Крім того, користуючись цифровою індикацією, можна установити інструмент в будь-якій заданій точці, визначеній в системі координат заготовки, тобто в тій системі, в якій розрахована керуюча програма.

Ще простіше нуль заготовки установлюється по осі Z. Для цього інструментом, закріпленим із заданим вильотом у шпинделі, дотикаються до дзеркала столу або базової (по осі Z) поверхні пристосування. Далі на декадному перемикачі зсуву нуля по осі Z набирають цифри, які були зафіксовані на табло цифрової індикації. Наприклад, якщо табло показало цифри  $z_0$ , то вони зі знаком мінус і мають бути набрані. Таким чином буде визначений новий нуль по осі Z (рис. 9.3).

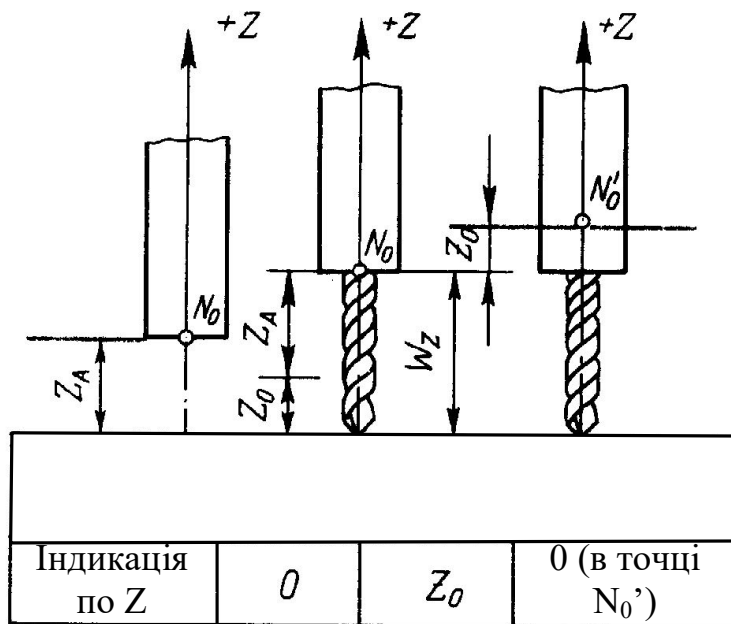


Рис. 9.3. Установлення нуля по осі Z

Розглянутий тільки що метод установлення виконавчих елементів верстата з ЧПК у вихідне положення є достатньо точним, якщо розміри заготовки **H** і **B** в процесі обробки не змінюються, дві її поверхні прийняті за базові, а осі координатної системи деталі збігаються з ними.

Ще один метод налагодження верстатів з ЧПК здійснюється за допомогою знімного кубика з мірним пазом на одній із сторін. За рахунок вбудованих у виконавчі поверхні

корпусу 1 (рис. 9.4, а) постійних магнітів 2, 3 і 4 кубик може досить стійко

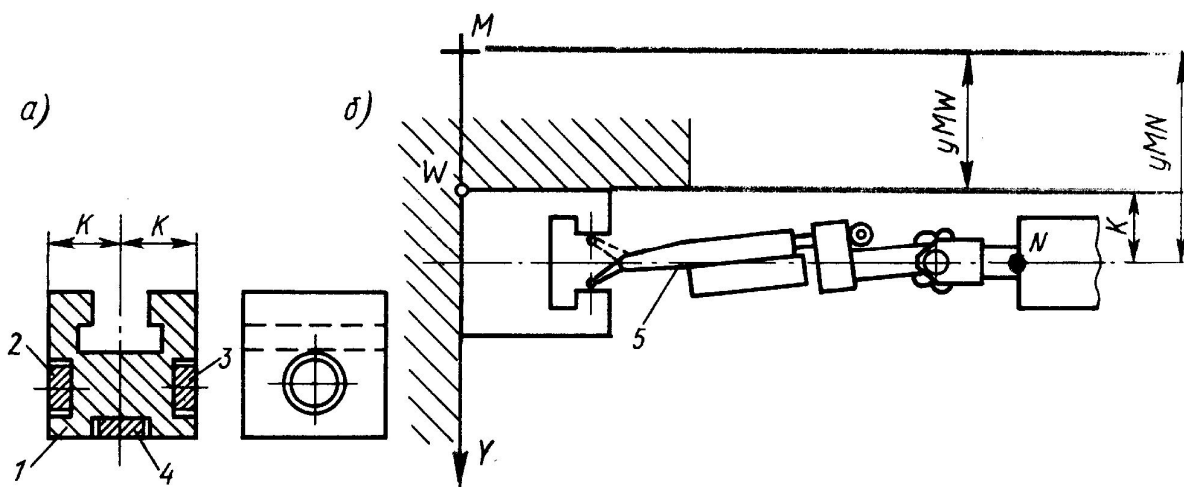


Рис. 9.4. Налаштування з використанням мірного кубика

триматись на базових поверхнях пристосувань. Для підвищення зносостійкості поверхні кубика загартовані до високої твердості. Він призначений для настроювання заданого розміру  $K$  від базової поверхні пристосування до осі шпинделя. З цією метою в отвір останнього вставляють оправку із закріпленим на ній індикатором 5 важільного типу (рис. 9.4, б). Наконечник індикатора вводять в паз кубика і забезпечують його контакт з одною із бокових поверхонь паза. Далі набудовують індикатор на нуль, повертають шпиндель на  $180^\circ$  і фіксують показання індикатора в момент дотику наконечником протилежної бокової поверхні паза. У випадку зміни показань зміщують стіл відносно шпинделя таким чином, щоб при поворотах останнього наконечник індикатора не відтискався би поверхнями паза. Виконання вказаної умови свідчить про забезпечення збігу осі симетрії паза з віссю шпинделя та її установлення на заданій відстані  $K$  від базової поверхні пристосування (розмір  $K$  звичайно вигравіруваний на кубіку). Використовуючи показання пристроїв цифрової індикації (у розглядуваному прикладі визначається фактична величина розміру  $y_{MN}$ ), легко підрахувати відстань  $y_{MW}$  від нуля верстата до базової поверхні пристосування в даному координатному напрямку

$$y_{MW} = y_{MN} - K.$$

Величина  $y_{MW}$  і буде відстанню, на яку треба змістити нуль верстата по осі  $Y$ .

*Метод налагодження, оснований на виконанні ряду пробних проходів та промірів* використовують, в першу чергу, оператори та наладчики з малим досвідом роботи. Спочатку за картою налагодження необхідно з'ясувати, на якій відстані від оброблюваної поверхні заготовки має розташовуватись точка, що відповідає заданому початковому положенню виконавчих елементів. В дану точку, при вимірюванні відстані між інструментом та заготовкою за допомогою універсальних контрольних приладів (лінійки, штангенциркуля тощо), зміщують виконавчі елементи верстата. Перед першим проходом для уникнення браку інструмент установлюють на дещо більшій відстані від заготовки ніж це передбачено картою налагодження. Далі у автоматичному режимі проводять пробну обробку декількох поверхонь та перевіряють її результати, за якими уточнюють вихідне положення виконавчих елементів. Після повторної обробки при необхідності здійснюють додаткове корегування. Після завершення установлення виконавчих елементів у задане вихідне положення необхідно скинути показання пристроїв цифрової індикації на нуль, завдяки чому процес підготовки обладнання до обробки наступних заготовок істотно прискорюється та спрощується. Очевидно, що описаний метод налагодження є більш трудомістким у реалізації, ніж більшість попередніх методів.

## 9.2. Хід роботи

1. Ознайомитись з основними методами установалення виконавчих елементів верстатів з ЧПК у вихідне для початку обробки положення.

2. Вставити в отвір шпинделя вертикально-фрезерного верстата моделі 6Н11Г або фрезерного широкоуніверсального верстата з ЧПК моделі 6А76ПФ2 зразкову циліндричну оправку або мірний осьовий інструмент (детальну послідовність виконання даного пункту, а також застосовуване обладнання та оснащення визначає викладач). Закріпити у заданому положенні на столі верстата заготовку з базовими отворами. З використанням описаного у розділі 9.1 методу налагодження обладнання з ЧПК за допомогою базових елементів та виданої викладачем мірної пластини установити шпиндель верстата у вихідному для початку обробки положенні відносно осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

3. Закріпити у заданому положенні на столі одного з вказаних у п. 2 верстатів заготовку деталі типу „корпус” з базуванням її по нижній поверхні та трьох пальцях і вставити в отвір шпинделя верстата зразкову циліндричну оправку (діаметр оправки  $d$ , а також габарити заготовки в плані  $H$  і  $B$  мають бути попередньо виміряні). За допомогою штангенциркуля виміряти координати  $x_0$ ,  $y_0$  (див. рис. 9.2) нуля заготовки  $W$  відносно вказаної викладачем на столі точки – нуля верстата  $M$ . З використанням формул (9.1) обчислити задані відстані  $xMN_x$ ,  $yMN_y$  між віссю шпинделя у вихідному положенні та нулем верстата  $M$  і перевірити дослідним шляхом їх фактичні значення.

4. Установити на столі горизонтально-фрезерного верстата моделі 6Н81Г заготовку деталі типу „корпус”. Закріпити на шпинделі верстата дискову фрезу. Установити стіл верстата у вихідному для початку обробки паза на заготовці положенні. Виконати попереднє настроювання положення шляхового перемикача вимикання механічної повздовжньої подачі столу для першого пробного проходу інструмента згідно із описаним у розділі 9.1 методом спробних проходів та промірів (при цьому налагодження положення перемикача можна вважати точним, якщо в момент вимикання робочої подачі столу різальні кромки зубців фрези досягли певної риски на поверхні заготовки, зробленої викладачем). За допомогою рукояток настроювання кінематичних ланцюгів верстата установити вказані викладачем значення частоти обертання шпинделя та повздовжньої подачі супорта. Увімкнути обертання шпинделя та подачу супорта. Виконати попередню обробку паза на заготовці і перевірити чи повністю вона завершена в момент спрацьовування шляхового перемикача та вимикання подачі супорта. При необхідності відкоригувати положення шляхового перемикача і здійснити другий спробний прохід, а якщо потрібно і третій (умова забезпечення точності налагодження вказана у даному пункті вище).

## 9.3. Зміст звіту

Навести у звіті послідовність виконаних операцій з налагодження

верстатів (установлення їх виконавчих елементів у вихідне для початку обробки положення) із зазначенням використаних при цьому методів.

#### 9.4. Контрольні запитання

1. Які відомі основні методи установлення виконавчих елементів верстатів з ЧПК у вихідне для початку обробки положення?

2. Яким є основний недолік методу налагодження, що передбачає розрахунок розмірних ланцюгів?

3. В чому полягає суть методу налагодження, при реалізації якого для установлення виконавчих елементів верстата у вихідне положення застосовується той чи інший елемент пристосування або заготовки?

4. Як використовується функція плаваючого нуля при налагодженні верстатів з ЧПК?

5. Як за допомогою знімного кубика з мірним пазом установити задану відстань між віссю шпинделя верстата та нулем пристосування?

6. В якій послідовності при налагодженні верстатів з ЧПК реалізується метод пробних проходів та промірів?

## **Лабораторна робота №10. Керування статичним налагодженням верстатів з ЧПК**

**Мета роботи:** вивчити мету корекції точності статичного налагодження положення інструмента при обробці на верстатах з ЧПК, загальну структуру та послідовність роботи автоматизованих систем для її здійснення, одержати практичні навички перевірки точності статичного налагодження та дослідного визначення величини її необхідної корекції з метою компенсації температурних деформацій в системі ВПД.

**Обладнання, пристрої, інструменти:** універсальний токарно-гвинторізний верстат моделі 1А616, магнітний стояк, індикатор годинникового типу, заготовка деталі типу „втулка”.

### 9.1. Теоретичні відомості

Основною умовою досягнення необхідної точності статичного налагодження верстатів, що працюють в автоматичному циклі, зокрема, оснащених системами ЧПК, є забезпечення відповідності фактичних розмірів заготовки, одержуваних після її пробної обробки, розмірам, заданим на робочому кресленні та в програмі. Виконання вказаної умови залежить від збереження установленого при налагодженні положення різальних кромek інструмента та баз верстата відносно початку відліку (нуля програми), у зв'язку із чим, слід якнайбільше компенсувати похибки статичного налагодження, що розвиваються в результаті зношування або заміни різального інструмента, температурних деформацій в системі ВПД та переміщення виконавчих елементів верстата у нове вихідне положення.

Для розв'язання даної задачі використовують автоматичні системи корекції точності статичного налагодження у вихідному положенні, принципова схема одної з яких зображена на рис. 10.1. Система включає вимірювальний пристрій, задавальний пристрій та блок корекції. За допомогою вимірювального пристрою, що складається з одного або декількох датчиків, вимірюються фактичні відстані від вершини різальної кромки інструмента та нуля верстата до нуля програми. Вказана перевірка проводиться перед обробкою чергової партії заготовок, при цьому виконавчі елементи верстата повинні знаходитись у вихідному положенні або бути виведені згідно із програмою у певну контрольну позицію. З вимірювального пристрою інформація про фактичні параметри статичного налагодження надходить у блок корекції, куди від пристрою, що задає подаються також сигнали про задані параметри налагодження. Одержуваний в результаті порівняння сигнал розузгодження, відповідний похибці статичного налагодження, надходить в ПЧПК верстата, в якому керуюча програма згідно із отриманими даними автоматично корегується. Таким чином, подальша обробка всіх заготовок партії здійснюється із заданою точністю.

Крім цього, корекція точності статичного налагодження у вихідному положенні обов'язково проводиться і при переналагодженні верстата, а також безпосередньо в процесі обробки партії заготовок, після виконання од-

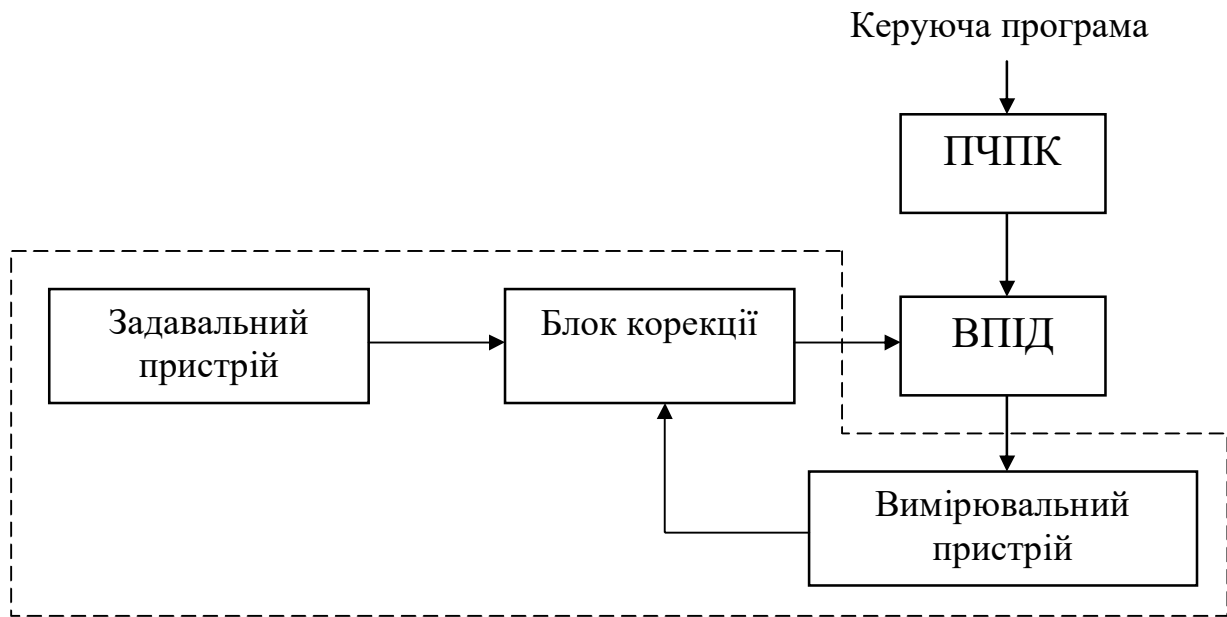


Рис. 10.1. Принципова схема автоматичної системи корекції статичного налагодження у вихідному положенні

ного або декількох циклів. Це дозволяє підвищити точність виготовлення деталей за рахунок зменшення впливу систематично діючих чинників.

Верстати з ЧПК оснащують спеціальною системою керування точністю, принцип дії якої оснований саме на корекції статичного налагодження. Регульованим параметром в даному випадку є точність дотримання заданих розмірів оброблюваної заготовки, а еталонним параметром корекції – точність, що може бути теоретично досягнута на верстаті. Розглянемо роботу деяких з таких систем.

### **Система автоматичної корекції положення нульової точки**

Виконавчим елементом системи є однокоординатний вимірювальний щуп, що встановлюється замість різального інструмента в одній з позицій револьверної головки токарного верстата з ЧПК і служить для автоматичного отримання інформації про похибку статичного налагодження. Під час перевірки у контакт з вимірювальним щупом вводиться контрольний палець, який залежно від умов розв’язуваної технологічної задачі встановлюється в патроні верстата, або закріплюється на торці заготовки після здійснення його чистової обробки. Вимірювальний щуп в автоматичному циклі з керуванням від системи корекції положення нульової точки переміщується у позицію контролю. Траєкторія руху вимірювального щупа, так само як траєкторія переміщення різального інструмента, повинні бути запрограмовані наперед і задані у керуючій програмі. Послідовність роботи системи автоматичної корекції показана на рис. 10.2.

Перед обробкою заготовок нової партії корегується положення нульової точки (позиція I). З цією метою перед установленням заготовки ре-

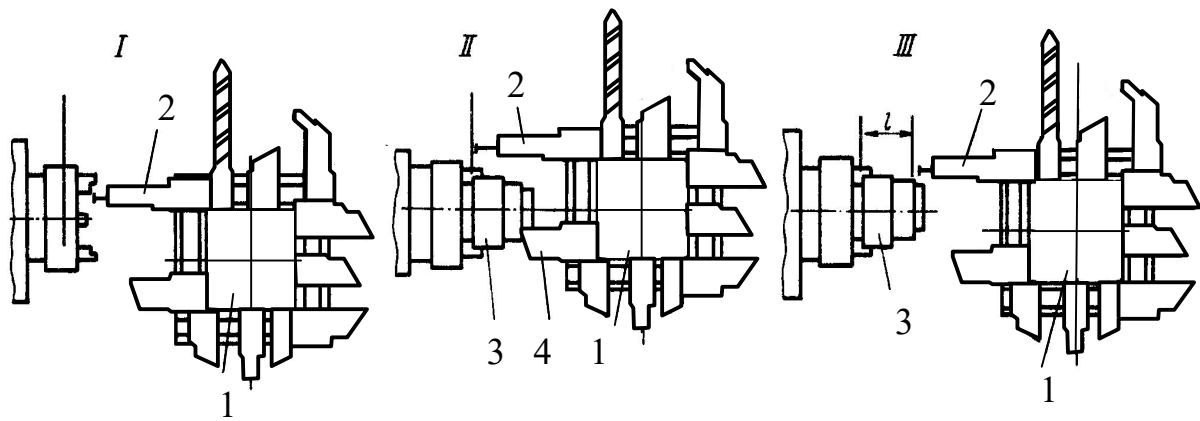


Рис. 10.2. Схема обробки заготовки на верстаті з ЧПК, оснащеного системою автоматичної корекції статичного налагодження

вольверна головка 1, відповідно до заданої програми, забезпечує виведення вимірювального щупа 2 в контрольну позицію. Щуп упирається в закріпленій у патроні контрольний палець, фіксуючи відхилення від заданого радіального зазору між віссю шпинделя та вершиною різального інструмента, що обумовлені температурними деформаціями елементів системи ВПД. Відповідно до результату вимірювання система забезпечує виконання автоматичної корекції шляхом зсуву точки початку відліку. Далі в патрон устанавлюється заготовка 3 та здійснюється її попереднє обточування по контуру.

Перед чистовою обробкою виконується повторна корекція, для чого згідно із програмою здійснюється пробне обточування чистовим різцем 4 короткої ділянки циліндричної поверхні заготовки (позиція II).

Після цього револьверна головка переміщується по прямокутній траєкторії, внаслідок чого вимірювальний щуп виводиться у наступну контрольну позицію, в якій вимірюється точність розміру I (позиція III). В результаті описаних вимірювань визначаються відхилення від точності статичного налагодження, що обумовлені похибками настройки положення інструмента та його розмірним зносом. Далі з врахуванням установлених відхилень у програму автоматично вводиться додаткова корекція точності статичного налагодження для відповідного різального інструмента. Таким чином, наступні заготовки після внесення всіх необхідних поправок у положення елементів технологічних ланцюгів системи ВПД обробляються з підвищеною точністю.

За допомогою перемикача, устанавленого на пульті керування, оператор має нагоду заздалегідь настроїти верстат на роботу згідно із заданим циклом програмної обробки заготовки. В такому циклі можуть бути передбачені: корекція положення нульової точки відносно осі обертання шпинделя; корекція розмірів, що дотримуються при відносній зовнішній та внутрішній токарній обробці; послідовне виконання першої і другої корекцій після декількох пробних проходів.

В циклах обробки всіх наступних заготовок партії також може бути передбачене проведення необхідної корекції статичного налагодження, що забезпечує задану точність при одночасному підвищенні продуктивності. Останнє досягається в результаті зменшення простоїв обладнання та скорочення допоміжного часу, необхідного для підналагодження верстата та відпрацювання керуючої програми.

Описана система керування точністю статичного налагодження (див. рис. 10.2) застосовується при обробці на токарно-револьверних напівавтоматах з ЧПК, оснащених револьверними головками, що мають горизонтальну вісь обертання, а також на токарних напівавтоматах з ЧПК та 12-позиційними револьверними головками, які мають вертикальну вісь обертання.

### Система автоматичної корекції точності статичного налагодження

На рис. 10.3 показаний вимірювальний пристрій, що використовується для корекції точності статичного налагодження у вихідному положенні при обробці на токарному верстаті з ЧПК. Даний пристрій дозволяє визначити відхилення вершини різальної кромки інструмента, обумовлене його розмірним зношуванням, температурними деформаціями або замінами пластин. Відхилення фактичного положення вершини різальної кромки

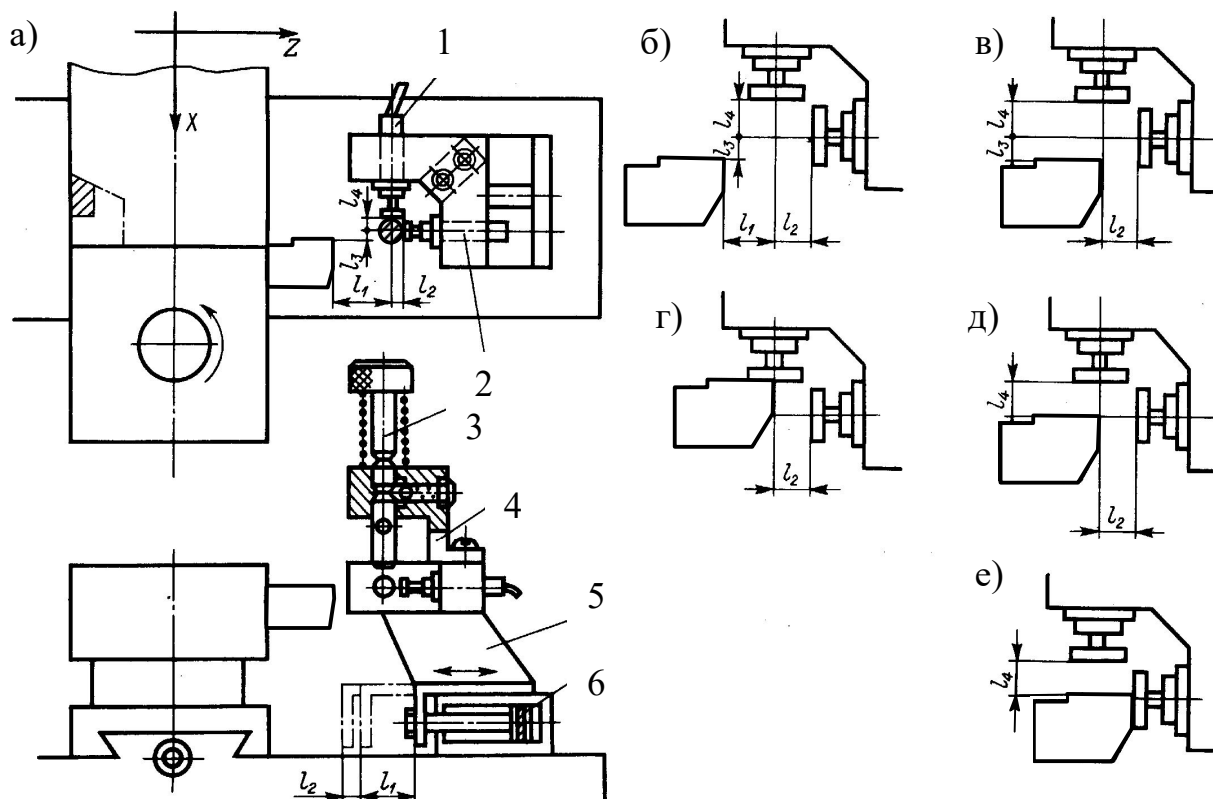


Рис. 10.3. Вимірювальний пристрій для корекції точності статичного налагодження у вихідному положенні за двома координатами: а – схема пристрою; б – е – позиції, займані різальним інструментом та датчиками в процесі вимірювання



різця від її заданого положення вимірюється в осьовому та радіальному напрямках. Пристрій установлюється на подовжніх полозках супорта верстата (рис. 10.3, а). Він включає два індуктивні датчики 1 і 2, що нерухомо закріплені на кронштейні 5, оснащеному напрямними, а також гідроциліндр 6, який забезпечує переміщення кронштейна з датчиками в осьовому напрямку. В отворі кутника 4, що жорстко пов'язаний з кронштейном, переміщується калібрована оправка 3, яка служить для настроювання заданого вихідного положення датчиків. З цією метою оправку опускають із верхнього початкового у нижнє робоче положення, в якому до неї впритул підводяться вимірювальні наконечники датчиків. Сам процес вимірювання здійснюється згідно із спеціальною програмою після установлення інструмента у вихідному для початку обробки положенні.

При подачі команди від системи ЧПК револьверна головка виводиться у певну проміжну позицію відносно датчиків пристрою (рис. 10.3, б). За допомогою гідроциліндра 6 кронштейн з датчиками переміщується на відстань  $l_1$  (рис. 10.3, в), після чого здійснюється додаткове установлювальне переміщення револьверної головки відносно осі X на відстань  $l_3 + l_4$  (рис. 10.3, г). В даній позиції різець натискає різальною кромкою на вимірювальний наконечник датчика 1, що фіксує відхилення від розміру статичного налагодження в осьовому напрямку. Далі револьверна головка відводиться по осі X на відстань  $l_4$  (рис. 10.3, д) і подається команда на підведення кронштейна з датчиками на відстань  $l_2$  (рис. 10.3, е). При цьому інший вимірювальний наконечник упирається у вершину різальної кромки інструмента і датчик 2 забезпечує вимірювання відхилення розміру статичного налагодження в радіальному напрямку.

Описаний пристрій дозволяє контролювати відхилення відносного положення різальної кромки різців різних типів, установлених в револьверній головці, при цьому час на контроль точності статичного налагодження одного інструмента не перевищує 12 с.

При необхідності на підставі результатів вимірювання здійснюється автоматична корекція положень інструментів (керування даним процесом забезпечує ПЧПК), що дозволяє компенсувати не передбачену програмою зміну положення їх різальних кромки.

В реальних виробничих умовах корекція точності статичного налагодження проводиться, як правило, перед остаточним проходом інструмента. В результаті підвищуються точність та продуктивність обробки, оскільки відпадає необхідність у здійсненні пробних проходів та проміжних обмірювань заготовки.

## 10.2. Хід роботи

1. Ознайомитись з метою та загальною послідовністю здійснення корекції точності статичного налагодження верстатів з ЧПК. Вивчити структуру та функціонування пристроїв, призначених для її реалізації.

2. Закріпити в патроні універсального токарно-гвинторізного верста-

та моделі 1А616 заготовку деталі типу „втулка” з попередньо обробленим правим торцем. Установити і зафіксувати в одній з позицій різцетримача верстата паралельно осі його шпинделя поперечину магнітного стояка з індикатором годинникового типу. Підвести супорт до заготовки із забезпеченням контакту та перпендикулярності її торця і вимірювального штифта індикатора (на останньому має бути створений натяг 3 – 4 мм при суміщеному зі стрілкою нулі шкали). Відвести супорт від заготовки у поперечному напрямку на 10 мм і увімкнути обертання шпинделя, а також поздовжню подачу супорта в напрямку від заготовки (режим роботи верстата установлює викладач). Провести обкатування верстата в режимі холостого ходу протягом 10 хв з періодичною зміною напрямку поздовжньої подачі супорта після його зміщень на 500 мм ходу. Вимкнути подачу супорта та обертання шпинделя, після цього підвести вручну різцетримач з індикатором у вихідне до його відведення й обкатування положення (вказане положення визначається за лімбами маховиків поздовжньої та поперечної подач супорта верстата). Зафіксувати відхилення стрілки індикатора, що буде відповідати сумарній величині температурних деформацій в системі ВПД в осьовому напрямку та необхідній корекції статичного налагодження положення інструмента.

### 10.3. Зміст звіту

Навести у звіті послідовність виконаної перевірки точності статичного налагодження токарно-гвинторізного верстата та установлену в її результаті величину необхідної корекції вихідного положення супорта в осьовому напрямку з метою компенсації температурних деформацій в системі ВПД.

### 10.4. Контрольні запитання

1. Що є метою корекції точності статичного налагодження верстатів з ЧПК?
2. Якою є загальна структура автоматизованих систем, що забезпечують корекцію статичного налагодження у вихідному для початку обробки положенні?
3. Що є виконавчим елементом системи автоматичної корекції положення нульової точки та в якій послідовності вона працює?
4. Якими є конструкція та принцип роботи системи автоматичної корекції точності статичного налагодження, що застосовується при обробці на токарних верстатах з ЧПК?

## Література

1. Севост'янов І. В. Експлуатація та обслуговування машин. Лабораторний практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 88 с.
2. Металлорежущие станки: Учебное пособие для вузов/ Н. С. Колев, Л. В. Красниченко, Н. С. Никулин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
3. Малярчук А. О. Конструювання та розрахунок металорізальних верстатів. Курсове проектування. Частина 1. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 119 с.
4. Експлуатація верстатів та верстатних комплексів. Ч.1: Навчальний посібник/ В. В. Сиркін, А. І. Шевчук. – К.: ІСДО, 1994. – 120 с.
5. Гжиров Р. И., Серебrenицкий П. П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 588 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т.2/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т.1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
8. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов/ Под ред. В. Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 576 с.
9. Експлуатація верстатів та верстатних комплексів. Ч.2: Навчальний посібник/ В. В. Сиркін, А. І. Шевчук. – К.: ІСДО, 1995. – 327 с.
10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ Под общ. ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
11. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
12. Пекелис Г. Д., Гельберг Б. Т. Технология ремонта металлорежущих станков. 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1984. – 240 с.
13. Сергиевский П. В. Наладка и эксплуатация станков с устройствами ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
14. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования. – М.: Минстанкопром СССР. – 1988. – 515 с.

*Навчальне видання*

Іван Вячеславович Севостьянов

## **ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВЕРСТАТНИХ КОМПЛЕКСІВ**

### **Лабораторний практикум**

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено автором

Редактор В.О.Дружиніна

Коректор З.В.Поліщук

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

Підписано до друку  
Формат 29,7x42¼  
Друк різнографічний  
Тираж 75 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 р.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ