

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ**

**НТУУ
"КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ"**



**МЕХАНІКО-
МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ**



**КАФЕДРА
ТЕХНОЛОГІЇ
МАШИНО-
БУДУВАННЯ**



**С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв, А.А. Субін,
Гриценко В.М.**

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ
МАШИНОБУДУВАННЯ**



**НТУУ КП «ім. Ігоря Сікорського»
2018**

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського»

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»,
спеціалізацією «Технологія машинобудування»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2018

«Технологічні основи машинобудування» до виконання лабораторних робіт і самостійної роботи [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів інженерно-хімічного факультету та механіко-машинобудівного інституту, які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського Уклад. : С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв, А.А. Субін та ін. – Електронні текстові данні (1файл: 3,03 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 112 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 9 від 24 травня.2018 р.)
за поданням Вченої ради Механіко-машинобудівного інституту
(протокол № 9 від 23 квітня 2018 р.)*

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ

Укладачі: *Добрянський Станіслав Спиридонович, к. т. н., доц.
Малафєєв Юрій Михайлович, к. т. н., доц.
Субін Анатолій Анатолійович, к. т. н., доц.
Гриценко Василь Миколайович*

Відповідальний
редактор

Ю. В. Петраков, д-р техн. наук, проф.

Рецензенти

*В. П. Котляров, д-р техн. наук, проф.
С.В. Сохань, д-р техн. наук, с. н. с.*

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

Лабораторна робота № 1

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

1.1. Вимоги до інструментальних матеріалів

Якість інструментальних матеріалів (ІМ) дуже сильно впливає на продуктивність обробки, стійкість інструмента та інші характеристики процесу різання. В процесі різання контактні площадки інструментів піддаються дуже високим тискам та температурам, що приводить до протікання інтенсивних фізико-хімічних явищ, які викликають підвищене абразивне зношення, адгезію, дифузію та інші зміни в зоні контакту, а також зміну розмірів інструмента.

Інструментальні матеріали повинні відповідати таким вимогам:

- мати високу міцність, тобто незважаючи на високі тиски (до $2 \cdot 10^4$ МПа) та температури (до 900° С і більше) зберігати форму леза протягом всього періоду обробки;
- мати високу твердість, яка повинна перевищувати твердість оброблюваного матеріалу в 2-3 рази, але не менше ніж в 1,4 – 1,7 разу;
- мати високу зносостійкість, тобто чинити опір вириванню часток ІМ з тіла інструмента внаслідок абразивної дії (тобто стираючої дії твердих частинок, що знаходяться в оброблюваному матеріалі), адгезії (внаслідок мікрозварювання контактних поверхонь інструмента і оброблюваного матеріалу при високих температурах та тисках з подальшим вириванням мікрочастинок леза інструмента), дифузії (коли при високих температурах матеріал інструмента розм'якшується і атоми ІМ активно дифундують (проникають) в оброблюваний матеріал);
- мати високу теплостійкість та теплопровідність, тобто зберігати високі фізико-механічні властивості при високих температурах та інтенсивно відводити тепло з зони різання;
- мати високу окалино- та корозійну стійкість;
- добре оброблюватись лезовим та абразивним інструментом як у сирому, так і, особливо, в загартованому стані;
- бути дешевими та доступними.

Як інструментальні матеріали найчастіше застосовують вуглецеві та леговані інструментальні сталі, швидкорізальні сталі, металокерамічні тверді сплави, мінералокерамічні пластини, надтверді матеріали на базі кубічного нітриду бору (КНБ), синтетичні та природні алмази. Основні характеристики інструментальних матеріалів наведені в табл. 1.1 [13, 14].

1.2. Вуглецеві інструментальні сталі

Вуглецеві інструментальні сталі У7, У8, У9, У10А, У12А позначають літерою «У», після якої проставляють вміст вуглецю в десятих долях відсотка, «А» - якісна. Їх застосовують для виготовлення слюсарного інструменту (ножівок, молотків, напилків, деревообробного інструменту),

Таблиця 1.1

Загальні характеристики інструментальних матеріалів

Матеріал	Твердість, <i>HRA (HRC)</i>	Твердість, <i>HV, ГПа</i>	Межа міцності при згинанні σ_z , <i>МПа</i>	Межа міцності стискання $\sigma_{ст}$, <i>МПа</i>	Тепло- стійкість, $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6
Інструментальні сталі:					
- інструментальна нелегована (вуглецева)	82-83 (61-63)	-	1950-2300	до 3500	200-250
- легована інструментальна	83-84 (63-65)	-	2200-3400	до 3800	250-400
- швидкорізальна	83-87 (63-70)	13-16	до 4000	до 4000	600-700
Тверді сплави (з карбідами вольфраму)	88-92	17-24	до 2000	до 5900	800-1100
Мінерало-кераміка:					
- оксидна	90-94	30	до 950	до 3000	1200
- змішана (кермети)	до 95	39	до 980	до 5600	900-1100
Кубічний нітрид бору	-	60-80	до 1000	до 6500	1100-1300
Алмаз:					
- природний	-	100,6	210-490	2000	700-800
- синтетичний	-	86-100	до 300	до 3000	700-800
Електрокорунд	-	22-24	270	760	-
Карбід кремнію	-	27-35	100-150	1000-2000	1200-1300
Карбід бору	-	37-45	300	1800	500-700
Карбід вольфраму	-	21	560	2460	1300
Карбід титану	-	32	620	1380	1530
Карбід танталу	-	15,5-16,5	-	1050	1730
Кобальт	-	1,7	-	1250	-

рідше для різальних інструментів, які працюють з малими швидкостями різання (до 10 м/хв.) – мітчиків, плашок тощо. При температурі 200-250⁰ С

ці сталі втрачають свою твердість, яка після гартування та низькотемпературного відпуску складає 60-63 *HRC*. Їх перевага – низька вартість.

1.3. Леговані інструментальні сталі

Ці сталі відрізняються від вуглецевих інструментальних сталей наявністю одного або декількох легуючих елементів: хрому (Х), вольфраму (В), молібдену (М), ванадію (Ф), кобальту (К), марганцю (Г), кремнію (С) та ін. Їх позначають числом, що показує наявність вуглецю в десятих частках відсотка (якщо на початку позначення цифра відсутня, то це означає, що вміст вуглецю ~ 1 %), після якого проставляють літери, що позначають легуючі елементи з цифрами їх вмісту у відсотках. Ці сталі мають дещо вищу теплостійкість та твердість ніж вуглецеві інструментальні сталі, менше жолобляться при термічній обробці. У виробництві найширше застосовують сталі 9ХС та ХВГ, рідше Х6ВФ, Х12Ф1, 11ХФ, 9Х5ВФ та ін. Їх загальні характеристики наведені в табл. 1.1.

1.4. Швидкорізальні сталі

Швидкорізальні сталі позначають літерою «Р», після якої вказують вміст вольфраму у відсотках, та іншими літерами з вмістом легуючих елементів у відсотках. Ці сталі містять до 30 % карбідоутворюючих елементів (вольфраму, кобальту, ванадію та ін.), які значно підвищують їх різальні властивості. Незважаючи на те, що інструменти з твердих сплавів та кераміки забезпечують вищу продуктивність та зносостійкість, швидкорізальні сталі є одним з основних матеріалів для виготовлення різальних інструментів. Якщо вміст вуглецю перевищує 1%, то перед літерою Р проставляють його вміст у десятих долях відсотка

Швидкорізальні сталі розділяють на сталі нормальної продуктивності, тобто помірної теплостійкості (Р6М5, Р6М3, Р18); сталі підвищеної продуктивності, тобто підвищеної теплостійкості (Р9К5, 11Р3АМ3Ф2, Р6М5Ф3, Р12Ф3, Р18К5Ф2 та ін.); сталі високої теплостійкості (В11М7К23 та ін.). В усіх марках швидкорізальної сталі також міститься: по 0,2-0,5 % марганцю і кремнію, 0,6 % нікелю, 0,25 % міді, по 0,03 % фосфору і сірки. У позначенні швидкорізальної сталі не вказують масову частку: хрому (при будь-якому вмісті), молібдену (до 1%), ванадію (до 2%), вуглецю (до 1%).

Сталі нормальної продуктивності мають твердість у загартованому стані 63-64 *HRC* і теплостійкість 600-620⁰ С. Найстаріша сталь Р18,

незважаючи на високу якість і технологічність у виготовленні, застосовується рідко через дефіцитність вольфраму. Вольфрамомолібденова сталь Р6М5 має вищу міцність, але меншу теплостійкість, тому її застосовують при дещо нижчих швидкостях різання, але для обробки зі значними фізичними навантаженнями (більша глибина і подача при різанні). Тому сталь Р6М5 тепер найширше застосовується для виготовлення свердел, зенкерів, розверток, різьбо- та зубонарізних інструментів та різців, які працюють у важких умовах.

Сталі підвищеної продуктивності характеризуються підвищеним вмістом ванадію і кобальту. Найширше застосовується сталь Р6М5Ф3, яка більш тверда, теплостійка та зносостійка ніж сталі Р18 та Р6М5. Її твердість сягає 67 *HRC*, а теплостійкість – до 640-650⁰ С. Разом з тим, сталі з підвищеним вмістом ванадію гірше оброблюються шліфуванням.

Кобальтові сталі (Р9К5, Р6М5К5 та ін.) є одними з найбільш теплостійких, вони мають високу теплопровідність, що знижує температуру в зоні різання, тому їх найчастіше застосовують для обробки нержавіючих та жароміцних сталей і сплавів. Період стійкості інструментів з таких сталей у 3-5 разів вищий, ніж зі сталей Р6М5 та Р18.

Швидкорізальні сталі високої продуктивності мають твердість 69-70 *HRC* і теплостійкість 700-720⁰ С. Вони характеризуються заниженим вмістом вуглецю (до 0,3 %), але більшою кількістю легуючих елементів. Найчастіше їх застосовують для різання важкооброблюваних матеріалів і титанових сплавів.

Крім розглянутих вище, останнім часом все ширше застосовують порошкові швидкорізальні сталі, які отримують методами порошкової металургії. Інструменти з цих сталей характеризуються однорідною дрібнозернистою структурою, рівномірним розподілом карбідної фази, доброю шліфованістю, вищими механічними і технологічними властивостями. Швидкорізальні сталі Р6М5Ф3-МП, Р7М2Ф6-МП, Р9М2Ф5К6-МП, Р12МФ5-МП та інші рекомендуються для виготовлення дрібнозубого та іншого інструменту, який працює у важких умовах.

Останнім часом все ширше застосовують карбідосталі, які також отримують методами порошкової металургії. Їх можна вважати проміжними між швидкорізальними сталями і твердими сплавами. Карбідосталі відрізняються високим вмістом карбідів титану (30-70 %) та карбідів інших елементів. Після гартування і відпалу їх твердість сягає 68-70 *HRC*, теплостійкість – 650-690⁰ С, а стійкість інструменту підвищується у 1,5-2,5 рази у порівнянні як зі звичайними, так і з порошковими швидкорізальними сталями. Проте карбідосталі гірше шліфуються і мають низьку пластичність у порівнянні зі звичайними швидкорізальними сталями.

1.5. Рекомендації щодо вибору інструментальних сталей

Інструменти з нелегованих вуглецевих інструментальних сталей мають достатню твердість 60-62 HRC але невисоку теплостійкість – 200-250⁰ С. Тому ці сталі застосовують переважно для виготовлення ручних інструментів, які працюють з швидкістю різання 5-10 м/хв: мітчики ручні, розвертки малорозмірні, пилки, стамески, ножівкові полотна, напилки, зубила, малорозмірний різальний інструмент тощо. Гострота різальних кромки $\rho = 2-5$ мкм, що є особливо цінним для деревообробних інструментів.

Леговані інструментальні сталі мають теплостійкість до 250-350⁰ С і допускають швидкість різання до 15-20 м/хв. Різальні властивості легованих інструментальних сталей приблизно такі ж, як і нелегованих, але вартість їх дещо вища. Тому, що ці сталі загартовують у маслі, вони менше жолобляться при термічній обробці (ТО). Їх доцільно застосовувати для виготовлення довгих інструментів малого перерізу (наприклад, сталі ХВГ та 9ХС – для довгих протяжок, розверток, мітчиків тощо). Гострота різальних кромки інструментів з легованих сталей $\rho = 10-15$ мкм.

Швидкорізальні сталі мають твердість до 70 HRC і теплостійкість до 700⁰ С, достатньо високу міцність та в'язкість, вони добре обробляються лезовим і абразивним інструментом. Ці сталі забезпечують одержання гострих різальних кромки з $\rho = 20-30$ мкм, що дозволяє зрізати тонкі стружки (0,02-0,05 мм).

Швидкорізальні сталі допускають швидкість різання до 50-60 м/хв і їх застосовують для різних лезових інструментів (свердел, зенкерів, розверток, фасонних різців, фрез, різьбо- та зубонарізних інструментів тощо) при обробці конструкційних сталей та сплавів, нержавіючих та жароміцних сталей, чавунів, кольорових сплавів

Для обробки конструкційних матеріалів міцністю $\sigma_s = 600-700$ МПа рекомендуються сталі нормальної продуктивності (Р6М5, Р6М3, Р18). Для обробки матеріалів з підвищеною міцністю $\sigma_s \geq 1000$ МПа, нержавіючих та жароміцних сталей, титанових сплавів рекомендуються швидкорізальні сталі підвищеної продуктивності (Р9К5, Р6М5Ф3 та ін.).

Таблиця 1.2

Значення коефіцієнта K_{vi} , який враховує вплив марки інструментальної сталі на швидкість різання

Марка сталі	В12А	9ХС	Р18	Р6М5	Р9Ф5	Р9К5	Р12Ф3
Коефіцієнт K_{vi}	0,5	0,6	1,0	1,0	1,08	1,1	1,15

Вплив марки інструментальної сталі на швидкість різання при обробці конструкційних вуглецевих сталей і чавунів можна оцінити за значенням коефіцієнту K_{vi} (табл. 1.2), [13, 14].

1.6. Металокерамічні тверді сплави

Металокерамічні тверді сплави (ТС) виготовляють методами порошкової металургії. Вони не включають заліза і складаються з карбідів вольфраму (WC), карбідів титану (TiC) і танталу (TaC), які зв'язані чистим кобальтом (Co). Їх твердість, для порівняння, не менша 70-80 HRC і за твердістю вони значно перевищують твердість швидкорізальних сталей, яка знаходиться в межах 62-65 HRC. За твердістю вони поступаються тільки алмазу, карбіду бору, карбіду кремнію і цю твердість вони зберігають до температур 800-1000⁰ С, що у порівнянні з швидкорізальними сталями дозволяє збільшувати швидкість різання у 5-8 разів.

Тверді сплави мають достатньо високу міцність, що дозволяє виконувати як чорнову, так і чистову обробку з великим перерізом зрізу. Тому підвищились вимоги до потужності верстатів та частоти обертання шпинделів, яка в сучасних верстатів з ЧПК доходить до 40000 об/хв. Твердосплавними інструментами знімається до 70 % від усієї зрізуваної стружки.

Тверді сплави розділяють на три групи (табл. 1.3), [13, 14]:

- Однокарбідні, вольфрамо-кобальтові (ВК), які складаються із зерен карбідів вольфраму, зв'язаних (зцементованих) чистим кобальтом. Цифри вказують на вміст чистого кобальту у відсотках, а решта – карбіди вольфраму.
- Двокарбідні, вольфрамо-титано-кобальтові (ТК), що складаються з карбідів вольфраму і карбідів титану, зв'язаних кобальтом. Цифра після Т вказує на вміст карбідів титану у відсотках, після К – чистого кобальту, решта – карбіди вольфраму.
- Трикарбідні – вольфрамо-титано-тантало-кобальтові (ТТК). Цифра після ТТ – сумарний вміст карбідів титану та танталу, після К – кобальту, решта – карбіди вольфраму.

При обробці конструкційних сталей швидкість різання інструментами з твердих сплавів сягає 150-200 м/хв і більше, а їх висока твердість (87-92 HRA) та зносостійкість дозволяють оброблювати загартовані сталі.

Найчастіше пластини з твердого сплаву механічно кріплять, рідше напаюють, на державки інструментів з конструкційних та інших сталей. Дрібні різальні інструменти виготовляють повністю з твердих сплавів.

Таблиця 1.3

Склад та основні характеристики твердих сплавів (ГОСТ 3882-74)

Сплав	Склад сплаву, %				Фізико-механічні властивості	
	WC	TiC	TaC	Co	Межа міцності при згинанні σ_3 , МПа (не менше)	Твердість HRA (не менше)
1	2	3	4	5	6	7
Однокарбідні тверді сплави на основі WC-Co (група BK)						
BK3	97	-	-	3	1176	89,5
BK3-M	97	-	-	3	1176	91,0
BK6	94	-	-	6	1519	88,5
BK6-M	94	-	-	6	1421	90,0
BK6-OM	94	-	-	6	1274	90,5
BK8	92	-	-	8	1666	87,5
BK8-B	92	-	-	8	1813	86,5
BK8-BK	92	-	-	8	1764	87,5
BK10	90	-	-	10	1764	87,0
BK10-XOM	88	-	2	10	1470	89,0
BK15	85	-	-	15	1862	86
BK20	80	-	-	20	2058	84
Двокарбідні тверді сплави WC-TiC-Co (група TK)						
T30K4	66	30	-	4	980	92,0
T15K6	79	15	-	6	1176	90,0
T14K8	78	14	-	8	1274	89,5
T5K10	85	6	-	9	1421	88,5
Трикарбідні тверді сплави WC-TiC-TaC-Co (група TTK)						
TT7K12	81	4	3	12	1666	87,0
TT8K6	84	8	2	6	1323	90,5
TT10K8Б	82	3	7	8	1617	89,0
TT20K9	67	9,4	14,1	9,5	1470	91,0

При збільшенні кобальту від 3 до 10 % у сплавів групи BK межа міцності і ударна в'язкість зростають, а твердість та зносостійкість зменшуються. Тому сплави з високим вмістом кобальту рекомендуються для важких умов різання, наприклад при чорновій обробці, а з малим вмістом кобальту, які більш крихкі, але допускають високі швидкості

різання і забезпечують низьку шорсткість обробленої поверхні – при чистовій обробці. Сплави групи ВК рекомендуються для обробки чавунів, кольорових сплавів та пластмас, а також для обробки сталей, які включають титан.

У двокарбідних вольфрамо-титано-кобальтових сплавах групи ТК вплив кобальту на експлуатаційні характеристики твердих сплавів групи ТК такий же, як і групи ВК (табл. 1.3). Сплави групи ТК мають більшу твердість ніж сплави групи ВК, через вищу твердість зерен (TiC, WC) у порівнянні з твердістю зерен WC, але вони крихкіші через підвищену крихкість карбідів (TiC, WC). Крім того, сплави групи ТК мають більшу термодинамічну стійкість і меншу схильність до дифузійного зносу, коли атоми матеріалу інструмента активно дифундують (проникають) у зрізувану стружку. Тому сплави групи ТК призначені, в основному, для обробки різних сталей при утворенні зливної стружки. Проте при обробці сталей, легованих титаном, тверді сплави групи ТК не рекомендуються через підвищений адгезійний знос внаслідок хімічної спорідненості різального та оброблюваного матеріалів.

Титано-тантало-вольфрамо-кобальтові ТС (група ТТК) мають меншу крихкість ніж сплави групи ТК. Введення карбідів танталу підвищує міцність та твердість при високих температурах 600-800⁰ С. Але тверді сплави групи ТТК дорожчі і їх застосовують, в основному, при обробці важкооброблюваних сталей.

Інститутом матеріалознавства НА України запропоновані карбідохромисті ТС (безвольфрамові) сплави марок КХН10, КХН15, КХН20, КХН25, КХН30, КХН35, КХН40. Їх основа – карбід хрому, а зв'язка – нікель. Звичайно усі безвольфрамові ТС мають високу твердість і теплостійкість (900-1000⁰С), дуже крихкі і уступають ТС, які містять вольфрам. Їх застосовують для чистової обробки.

З метою підвищення експлуатаційних властивостей різальних інструментів, все частіше застосовують зносостійкі покриття, які забезпечують підвищену поверхневу зносостійкість і відносно високу міцність та в'язкість, мікротвердість, теплостійкість тощо. Найчастіше застосовують моношарові покриття з застосуванням карбідів (TiC), нітридів (TiN), карбонітридів (TiCN), боридів і силіцидів тугоплавких металів.

Основні вимоги до покриття робочих поверхонь інструмента такі:

- висока мікротвердість, яка у 1,5-2 рази перевищує твердість основного інструментального матеріалу і зберігається при високих температурах;
- висока зносостійкість при значних коливаннях температур і напруг;
- висока міцність зчеплення з інструментальним матеріалом;

- хімічна інертність до адгезії (взаємодії) з оброблюваним матеріалом;
- стабільність механічних властивостей при високих температурах та інертність до дифузійних процесів.

1.7. Класифікація інструментальних матеріалів за міжнародним стандартом ISO 513-75

Міжнародна організація зі стандартизації ISO передбачає класифікацію інструментальних матеріалів (ІМ) з урахуванням властивостей оброблюваних матеріалів та типу зрізуваної стружки, виду обробки (чорнова, напівчистова, чистова, завершальна), умов різання (важкі, нормальні, добрі) та типами обробки (точіння, розточування, фрезерування, свердління та ін.).

ISO передбачає розподіл оброблюваних матеріалів на три групи (табл. 1.4) [13, 14]: **P** - позначена синім кольором, **M** - жовтим, **K** – червоним.

Група **P** включає сталі й сталеве литво, при обробці яких утворюється зливна стружка. Група **M** включає важкооброблювані жароміцні та нержавіючі сталі, титанові сплави, при обробці котрих утворюється стружка надлому та зливна. До групи **K** входять чавуни, кольорові метали та сплави, матеріали з високою твердістю оброблюваних поверхонь, при обробці яких утворюється стружка надлому та елементна.

За умовами обробки кожна група ділиться на підгрупи від 01 до 50. Зі зростанням цифри знижується зносостійкість і зростає міцність. Тобто, малі індекси відповідають чистовій обробці, коли необхідна висока зносостійкість та теплостійкість при високих швидкостях різання та відносно малих перерізах стружки. Більші індекси відповідають чорновій обробці, коли завдяки великим динамічним навантаженням від твердих сплавів вимагається висока міцність при нижчих швидкостях різання.

Останнім часом провідні інструментальні фірми світу пропонують додатково виділяти ще три групи конструкційних оброблюваних матеріалів за специфічними властивостями:

- група **N** - кольорові метали та сплави (зелений колір);
- група **S** - важкооброблювані жароміцні сплави (коричневий колір);
- група **H** – матеріали з високою твердістю, понад 48 *HRC* (сірий колір).

Застосування сучасних технологічних процесів виготовлення інструментальних матеріалів та нанесення на їх поверхні зносостійкого покриття досягли такого рівня, що вони більшою мірою визначають різальні властивості інструментів, ніж їх хімічний склад. Тому в міжнародній практиці застосовують умовні скорочені позначення ІМ, які дозволяють точніше визначити область їх призначення [14].

Таблиця 1.4

Класифікація оброблюваних матеріалів за ISO

Група за ISO (колір маркування)	Оброблюваний матеріал		Твердість, <i>HV</i>	Марки матеріалів-представників
1	2		3	4
Р (синій)	Вуглецеві сталі		125	08 кп; Ст 3; 20; 09Г2С; А12
			150	Ст 30; 35; 40; 45; 50
			170	У7А; У8А; 60Г; 65Г; А40Г
	Леговані сталі	у стані поставки	180	20Х; 20ХН; 38ХА; 40Х; 12ХН2; 20ХН2М; 60С2ХФА
		загартовані й відпущені	300	
	Високолеговані і швидкорізальні сталі	після відпалу	200	Х12М; 5ХНМ; 3Х2В8Ф; 9ХС; ХВГ; Р18; Р6М5
з підвищеною твердістю		350		
Сталеве литво		180	20Л; 25Л; 35Л	
М (жотий)	Нержавіючі сталі	мартенситного класу	200	20Х13; 30Х13; 40Х13
		аустенітного класу	180	12Х18Н10Т; 17Х18Н9; 06Х18Н11
	Титанові сплави		400, МПа	ВТ1-00; ВТ3-1; ВТ5; ВТ14
	Жароміцні сплави		280	06ХН28МДТ; ХН32Т; ХН35ВТЮ; ХН32Т; ХН67ВТМЮЛ
К (червоний)	Чавуни	сірі	100-400	СЧ10; СЧ20; СЧ25; СЧ35;
		ковкі	280	КЧ37-12; КЧ50-5
		високоміцні	160	ВЧ35; ВЧ100
	Кольорові сплави	алюмінієві сплави	60	АМГ2; Д16; АЛ3;
		бронзи і латуні	90	ЛС63-1; Л96; Л80; ЛО70-1
	Матеріали з високою поверхневою твердістю	загартована сталь	<i>HRC</i> 45-60	У8А; 60Г; 40Х; 9ХС; ХВГ; 60С2ХФА; Р18; Р6М5
		леговані зносостійкі і вибілені чавуни	<i>HRC</i> 40-50	ИЧХ; 28Н2; ЧН15Д; ЧХ16

Позначення металокерамічних твердих сплавів:

- **НВ** – тверді сплави без покриття, найбільшу відносну частку яких складає карбід вольфраму;
- **НТ** – безвольфрамові тверді сплави (кермети), які створені на основі карбиду чи нітриду титану, карбідонітриду титану або їх композиції;
- **НС** – тверді сплави з покриттям.

Позначення мінералокерамічних твердих сплавів:

- SA – оксидна кераміка, яка складається, в основному, з оксиду алюмінію;
- SM – змішана кераміка на основі оксиду алюмінію та карбідів вольфраму, молібдену та інших компонентів;
- SN – нітридна кераміка.

Позначення надтвердих матеріалів:

- DP – полікристалічний синтетичний алмаз;
- BN – кубічний нітрид бору.

1.8. Мінералокерамічні пластини та алмази

Основна особливість різальної кераміки – відсутність зв'язувальної фази, що значно зменшує зниження її міцності при нагріванні, підвищує швидкість різання.

Розрізняють чотири групи різальної кераміки:

- оксидна – на основі оксиду алюмінію Al_2O_3 , відомого під назвою «корунд» (білого кольору);
- оксидно-карбідна – на основі композиції Al_2O_3 -TiC (чорного кольору);
- оксидно-нітридна – на основі Al_2O_3 -TiN (кортиніт);
- нітридна – на основі Si_3N_4 .

Найчастіше застосовують мінералокерамічні пластини ЦМ332, які виготовляють з глинозему Al_2O_3 пресуванням з наступною термообробкою. Вони мають твердість *HRA* 95 і теплостійкість до $1200^{\circ}C$. При чистовій обробці сталей та чавунів з малими перерізами стружки, різці з мінералокераміки допускають швидкість різання до 800-1000 м/хв, а найкращі тверді сплави – до 500 м/хв. Незважаючи на високу твердість та зносостійкість і низьку вартість, пластини з мінералокераміки крихкі, що обмежує їх застосування.

Алмази природні масою 0,3 – 1,5 карата (1 карат = 0,2 г) припаюють або зачеканюють у державках і застосовують для завершальної обробки кольорових металів і неметалевих матеріалів. Завдяки високій твердості *HRA* 100, теплопровідності, червоностійкості (до $800^{\circ}C$) і низькому коефіцієнтові тертя, алмази дозволяють оброблювати кольорові метали з швидкістю до 500 – 1000 м/хв. При обробці кольорових металів їх стійкість – десятки годин.

В останні часи отримані синтетичні алмази і надтверді матеріали:

кубічний нітрид бору (кубоніт), який за границею називають “боразон”, а у нас “ельбор”, “ісміт”. Їх застосовують для виготовлення шліфувальних інструментів.

У промисловості широко упроваджують різці з пластинами з надтвердих синтетичних матеріалів на базі полікристалічного кубічного нітриду бору: ельбору – Р і гексаніту – Р, які призначені для виготовлення лезового інструменту.

Ельбор – Р призначений для тонкої і чистової обробки без ударних навантажень заготовок з загартованих сталей твердістю до *HRC* 67 та чавунів. Стійкість таких різців у 5...15 разів вища ніж твердосплавних.

Гексаніт – Р призначений для чистової і напівчистової обробки точінням з невеликими ударними навантаженнями сталей твердістю до *HRC* 60, а також для фрезерування.

1. 9. Контрольні запитання для самоперевірки

1. Вимоги до інструментальних матеріалів.
2. Вуглецеві та леговані інструментальні сталі.
3. Швидкорізальні сталі.
4. Рекомендації щодо вибору інструментальних сталей.
5. Металокерамічні тверді сплави.
6. Класифікація інструментальних матеріалів за міжнародним стандартом ISO 513-75.
7. Мінералокерамічні пластини та алмази.

Лабораторна робота № 2

КОНСТРУКЦІЇ І ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Мета роботи - вивчити кінематичні характеристики процесу різання, геометрію і конструкцію різальних інструментів, області їх використання, овоїти методику вимірювань основних геометричних параметрів.

Завдання роботи:

1. Вивчити загальні терміни і поняття.
2. Вивчити конструкції різальних інструментів різних типів.
3. Вивчити прилади, що застосовуються для вимірювання геометричних параметрів.
4. Набути практичних навиків вимірювання кутів токарних різців.
5. Оформити звіт з лабораторної роботи. Звіт повинен включати ескізи різця і його головки, ескіз багатолезового інструмента з вказівками на пряму робочих рухів, основних площин і кутів, таблиці з результатами вимірювання кутів.

Послідовність виконання роботи:

1. Вивчити призначення і конструкцію заданих різальних інструментів (на прикладі одного токарного різця і одного багатолезового інструменту).
2. Виконати ескізи заданих різальних інструментів з проставленням основних потрібних розмірів.
3. Виконати ескізи різальної частини інструментів з визначенням геометричних параметрів – площин і кутів.
4. Заміряти кути різальної частини різця. Результати занести до таблиці 2.1.

У металообробній промисловості застосовують різальні інструменти різних типів, конструкцій і призначень (різці, свердла, зенкери, розвертки, фрези, протяжки, різьбо - та зубооброблюючі інструменти, абразивні інструменти). З урахуванням єдності закономірностей процесу різання металів, різні різальні інструменти мають багато спільних конструктивних елементів і геометричних параметрів. Основний спільний елемент цих інструментів - клин, що ріже. Основні терміни і поняття для всіх різальних інструментів визначає ГОСТ 25751-83.

Одним з найпростіших і характерних представників різальних інструментів є токарний різець, з вивчення якого і необхідно почати виконання лабораторної роботи.

2.1. Різці

2.1.1. Загальні терміни і поняття

Різці застосовують при обробці заготовок на токарних, стругальних, довбальних, розточувальних та інших верстатах. Найбільше розповсюджені токарні різці, які використовують для виготовлення деталей з циліндричними, конічними, торцевими і фасонними поверхнями.

Їх класифікують у такий спосіб:

за напрямком подачі - праві, ліві;

за способом кріплення різальної частини - суцільні, складені нерознімні (з припаяними пластинами) і складені рознімні (з механічним кріпленням твердосплавних різальних пластин);

за видом робіт, що виконуються - прохідні, підрізні, прорізні, відрізні, розточувальні, галтельні, різьбові, фасонні.

Різці можуть бути виготовлені суцільними з швидкорізальних інструментальних сталей марок Р6М5, Р6М3, Р9К5, Р18 та ін. або оснащують пластинами з твердих сплавів. Найбільше широко застосовують вольфрамо-кобальтові тверді сплави марок ВК8, ВК3, ВК4, ВК6М, ВК10М (при обробці крихких матеріалів, наприклад, чавуну), а також вольфрамо-титано-кобальтові тверді сплави марок Т15К6, Т5К10, Т14К8, Т3ОК4 (при обробці сталей).

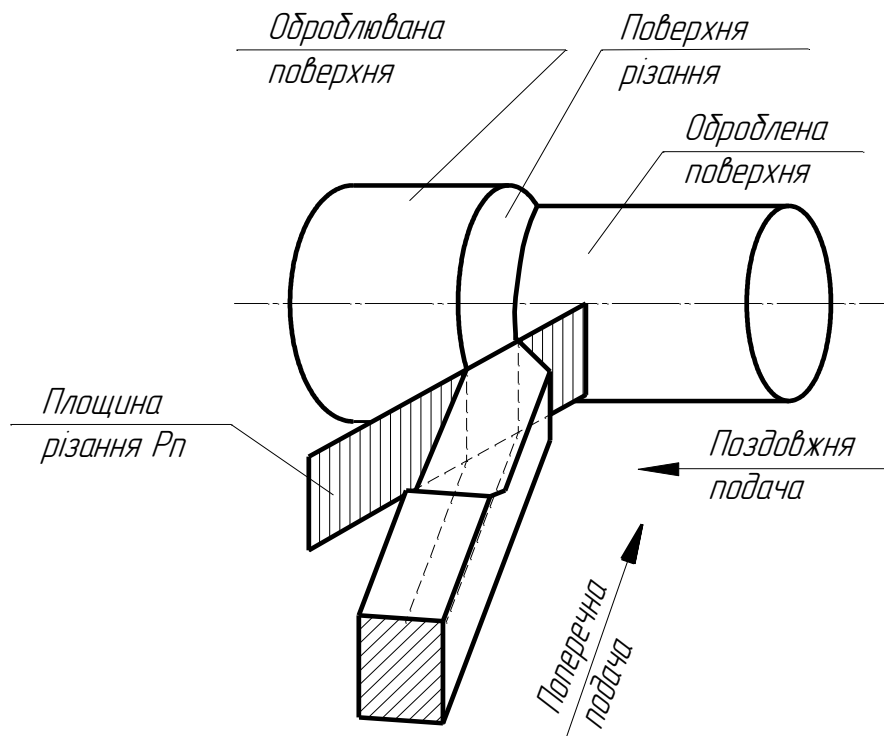


Рис. 2.1. Види поверхонь на оброблюваній заготовці

2.1.2. Основні елементи і геометричні параметри різців

Для того щоб вивчити елементи і геометричні параметри різців, спочатку слід визначити кінематичні елементи і характеристики процесу різання.

На заготовці, що обробляється різанням при точінні, розрізняють три види поверхонь (рис.2.1):

оброблювана (ГОСТ 3.П09-82) - поверхня, що підлягає дії в процесі обробки (тобто це поверхня, з якої зрізується шар металу);

оброблена - поверхня, яка отримана в результаті обробки;

поверхня різання – поверхня, що утворюється безпосередньо різальною кромкою інструмента в процесі різання (вона є перехідною між оброблюваною й обробленою поверхнями).

Різець (рис. 2.2) складається з різальної частини (леза) і державки (тіла або стержня).

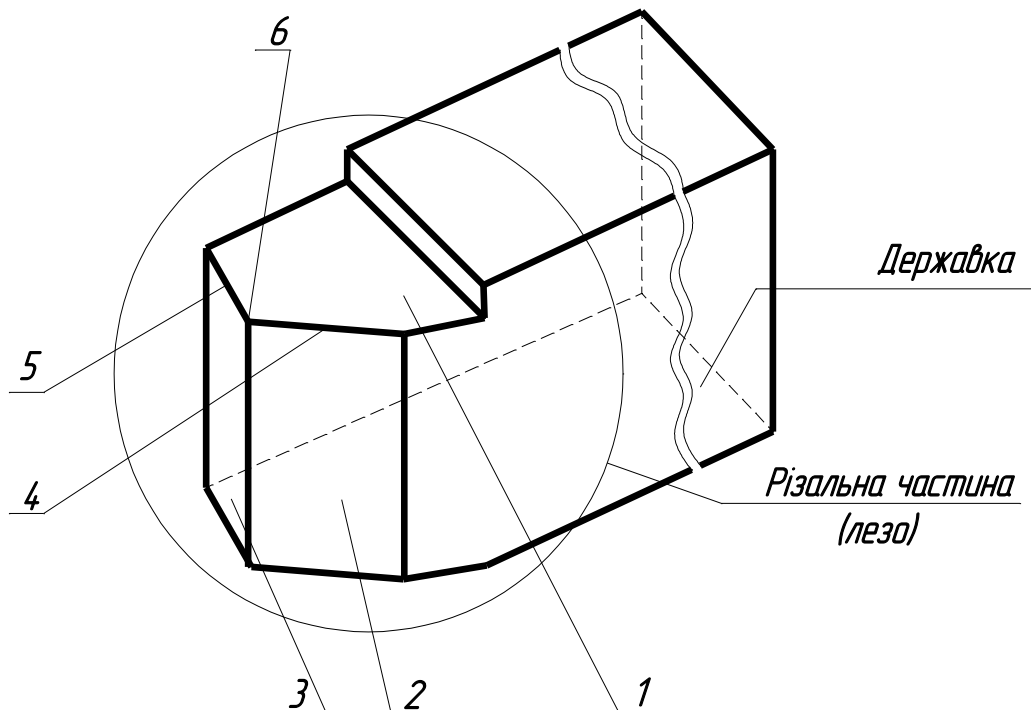


Рис. 2.2. Елементи токарного різця

Різальна частина складається з трьох поверхонь: передньої 1, головної задньої 2 і допоміжної задньої 3.

Передня поверхня - поверхня лека інструмента, що контактує в процесі різання із шаром металу, що зрізується, і стружкою (ГОСТ 25762-83), тобто по якій сходить стружка.

Задня поверхня - це поверхня лека інструмента, що контактує в

процесі різання з поверхнями заготовки.

При перетині передньої і задньої поверхонь леза утворюється різальна кромка.

Головна різальна кромка (ГРК) - частина різальної кромки 4 (рис.2.2), що формує більшу сторону перерізу зрізаного шару, тобто яка виконує основну роботу різання.

Допоміжна різальна кромка (ДРК) - це частина різальної кромки 5 (рис.2.2), що формує меншу сторону перерізу зрізаного шару.

Головна задня поверхня A_α - частина задньої поверхні леза інструмента 2, яка примикає до головної різальної кромки.

Допоміжна задня поверхня A'_α - це частина задньої поверхні леза інструмента 3, яка примикає до допоміжної різальної кромки.

Вершина леза (рис.2.2) - це частина різальної кромки 6 у місці перетинання головної і допоміжної задніх поверхонь.

Розглянемо визначення деяких елементів процесу різання і координатних площин (ДСТ 25762-83).

Головний рух різання D_r - обертальний або прямолінійний поступальний рух заготовки або різального інструмента, що відбувається з найбільшою швидкістю в процесі різання (рис.2.3).

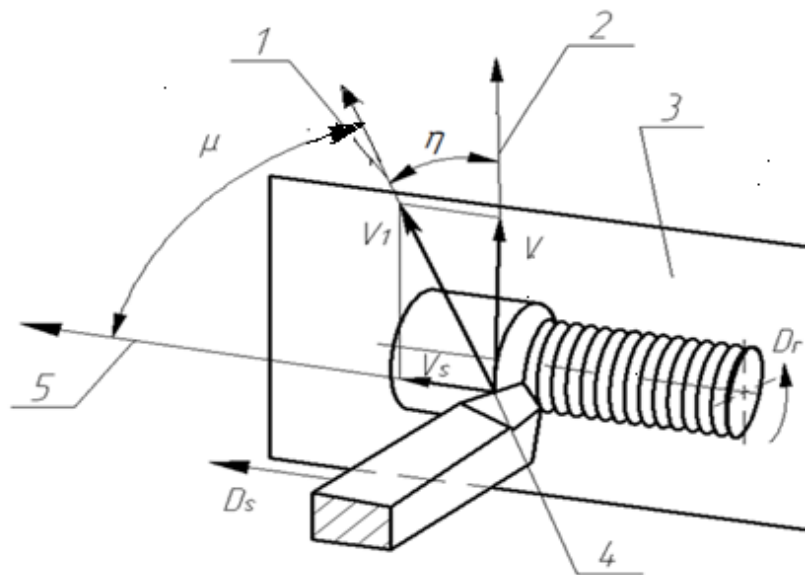


Рис. 2.3. Елементи рухів у процесі різання:

1 - напрям швидкості результуючого руху різання D_r ; 2 – напрям швидкості головного руху різання D_r ; 3 - робоча площина P_s ; 4 - точка різальної кромки, що розглядається; 5 – напрям V_s швидкості руху подачі D_s ; η - кут швидкості різання; μ - кут подачі.

Рух подачі D_s - прямолінійний поступальний або обертальний рух різального інструмента або заготовки, що відбувається зі швидкістю,

Робоча площина P_s - площина 3, в якій розташовані напрями швидкостей головного руху різання V і руху подачі V_s (рис. 2.3).

Кути різців вимірюють в *основній, різання і головній січній* площинах (рис. 2.4).

Основна площина P_v - координатна площина, яка проведена через розглядувану точку A різальної кромки перпендикулярно до напрямку швидкості головного D_2 або результуючого D_l руху в цій точці. При обертальному русі D_2 вона проходить через вісь обертання і досліджувану точку (на рис. 2.4 вона співпадає з поверхнею креслення).

Площина різання P_n - координатна площина, яка дотична до різальної кромки у точці, що розглядається, і перпендикулярна до основної площини. У цій площині знаходиться вектор швидкості V головного руху різання (рис. 2.1 і 2.4).

Головна січна площина P_τ - координатна площина, яка проходить через досліджувану точку A і перпендикулярна до лінії перерізу основної площини P_v і площини різання P_n (рис. 2.4).

В основній площині вимірюють кути в плані ($\varphi, \varphi_1, \varepsilon$).

Головний кут у плані φ - кут між площиною різання P_n і робочою площиною P_s (рис. 2.4).

Допоміжний кут у плані φ_1 - кут між допоміжною площиною різання P'_n і робочою площиною P_s .

Кут при вершині в плані ε - кут між допоміжною площиною різання P'_n і площиною різання P_n .

Сума цих кутів повинна складати 180° при будь-якому розташуванні ГРК.

У площині різання P_n , вимірюють кут нахилу різальної кромки λ – це кут між різальною кромкою і основною площиною P_v . Його вважають додатнім, якщо вершина різця є найнижчою точкою різальної кромки; від'ємним, - якщо вершина різця є найвищою точкою різальної кромки; нульовим, – якщо різальна кромка паралельна до основної площини P_v .

Кути α, β, γ , які вимірюють в головній січній площині P_τ , називають головними кутами різання (рис. 2.4).

Головний задній кут α - кут між задньою поверхнею леза і площиною різання P_n .

Головний кут загострення β - кут між передньою і задньою поверхнями леза.

Головний передній кут γ - кут між передньою поверхнею леза й основною площиною P_v . Його вважають додатнім, коли вершина різця є найвищою точкою леза в головній січній площині, і від'ємним, - коли найнижчою.

2.1.3. Вимірювання геометричних параметрів різця

Для визначення геометричних параметрів різців використовують: штангенциркуль або лінійку - для вимірювання розмірів і перерізу державки, універсальний і настільний кутоміри - для вимірювання кутів.

Кути в плані вимірюють універсальним кутоміром (рис. 2.5), точність виміру якого становить $2'$.

При вимірюванні кута φ планку 1 кутоміра прикладають до різальної кромки, а планку 3 - до бічної сторони різця 2. Покази на шкалі кутоміра дають значення кута φ . Подібним чином вимірюють кут φ_1 . Кут при вершині ε в плані визначають з рівняння: $\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1)$.

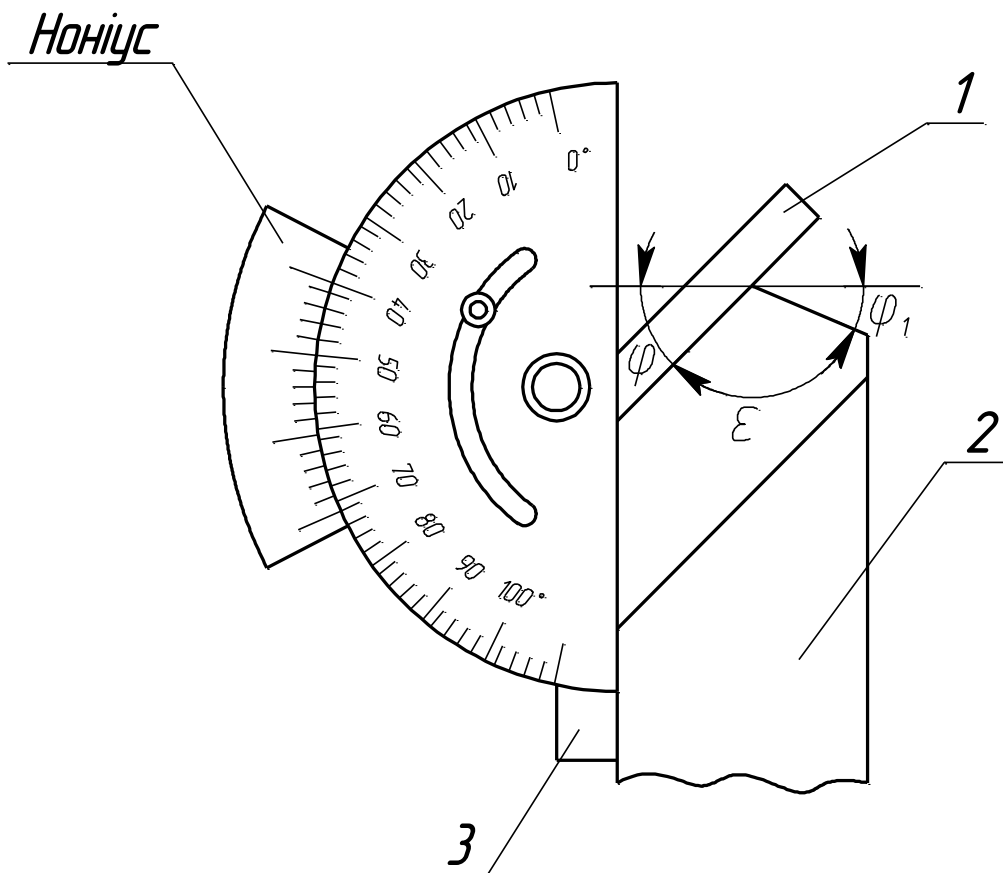


Рис. 2.5. Універсальний кутомір

Головні кути (α , β , γ) і кут нахилу кромки (λ) вимірюють настільним кутоміром (рис. 2.6).

Кутмір складається з основи 6, стояка 1, сектора 5 і шаблона 4, що фіксуються за допомогою гвинтів 2 і 3. При вимірюванні заднього кута вертикальне ребро шаблона повинно суміщатися з задньою поверхнею різця 7. Різець у цьому випадку повинен розташовуватися так, щоб площина сектора і шаблона збігалася з головною січною площиною P_T .

Вимірювання переднього кута проводиться аналогічним чином з використанням горизонтального ребра шаблона. При вимірюванні кута нахилу головної різальної кромки λ горизонтальне ребро кутоміру повинно співпасти з даною кромкою, площина сектора при цьому повинна збігатися з площиною різання P_n .

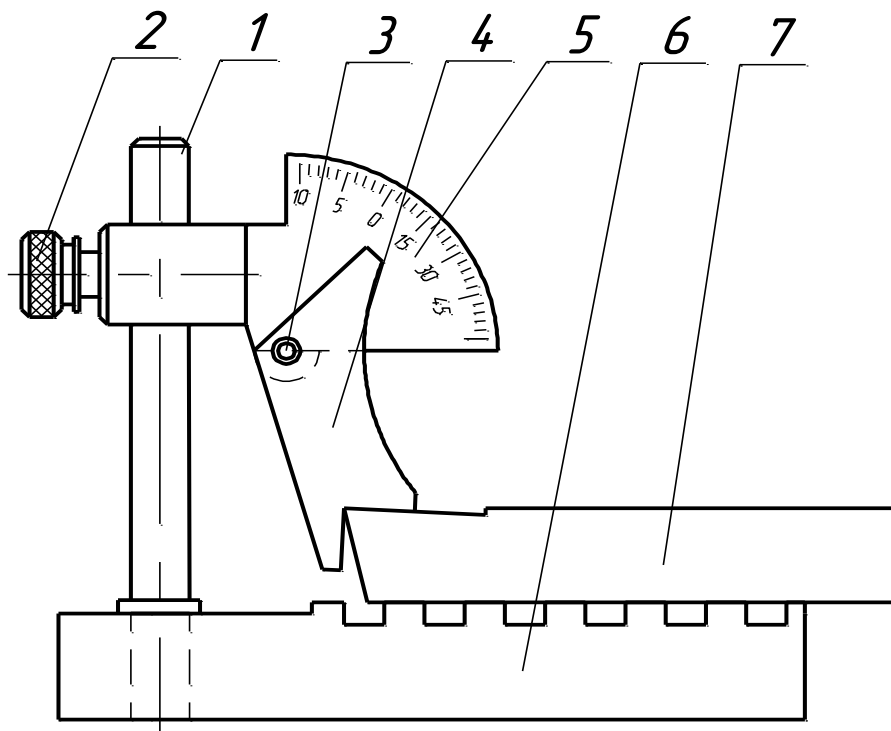


Рис. 2.6. Настільний кутомір

Покази за шкалою сектора 5 визначають значення кутів α , γ і λ .
Значення інших кутів розраховують за наступними формулами:

$$\gamma + \beta + \alpha = 90^{\circ};$$

$$\text{при } \gamma > 0 \quad \beta = 90^{\circ} - (\alpha + \gamma);$$

$$\text{при } \gamma = 0 \quad \beta = 90^{\circ} - \alpha;$$

$$\text{при } \gamma < 0 \quad \beta = 90^{\circ} - \alpha + \gamma.$$

Отримані в результаті вимірювань значення заносять у табл. 2.1.

2.2. Багатолезові інструменти

2.2.1. Свердла

Операції свердління або розсвердлювання - найбільш розповсюджені способи отримання отворів у суцільному матеріалі, а також подальшої обробки отворів, попередньо виготовлених у литих або кованих заготовках.

Геометричні параметри інструментів

Таблиця 2.1

Різці																					
Найменування різця		Матеріал різальної частини		Розміри державки ВxН		Передній кут γ		Задній кут α		Кут загострення β		Кут нахилу різальної кромки λ		Головний кут у плані φ		Допоміжний кут у плані φ_1		Кут при вершині у плані ε			
Свердла, зенкери, розвертки																					
Назва інструмента		Хвостовик інструмента, його розміри		Кількість зубів		Матеріал різальної частини		Діаметр інструмента D, мм		Кут нахилу гвинтової лінії ω		Кут нахилу поперечної кромки ψ		Кут зворотнього конуса φ_1		Кут 2 φ		Передній кут γ		Задній кут α	
Фрези																					
Тип фрези		Хвостовик інструмента, його розміри		Матеріал різальної частини		Діаметр D, мм		Кількість зубів z		Кут нахилу гвинтової лінії ω , град.		Передній кут у торцевій площині γ , град.		Задній кут у торцевій площині α , град.		Кут загострення у торцевій площині β , град.					
Протяжки																					
Тип протяжки		Елементи протяжки												Кут γ , град.		Кут α , град.					
Матеріал різальної частини		l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	D_1	D_2	D_3	D_4									

Свердління забезпечує обробку отворів за 11–12 квалітетом точності із шорсткістю поверхонь R_a 12,5...3,2 мкм.

У промисловості найчастіше застосовують спіральні свердла, які складаються з наступних елементів (рис. 2.7, а): робочої частини, шийки і хвостовика, який служить для закріплення свердла і передачі йому крутного моменту від шпинделя верстата за допомогою зрізаної лапки.

Робоча частина свердла включає: різальну частину, що заточена на конус, має дві різальні кромки і призначена для здійснення різання; направляючу частину, яка при свердлінні постійно контактує з обробленою поверхнею і служить для направлення свердла при різанні.

Свердло має дві передні 3 (рис. 2.7, б) і дві задні 6 поверхні, відповідно дві різальні кромки 4, дві стрічки 2, дві спинки зуба 1, поперечну кромку 5, яка з'єднує різальні кромки, і серцевину свердла 7.

Передня поверхня - частина гвинтової канавки, по якій відводиться стружка.

Задня поверхня буває конічною, гвинтовою або плоскою і звернена до поверхні різання.

Головні різальні кромки утворюються при перетині передньої і задньої поверхонь.

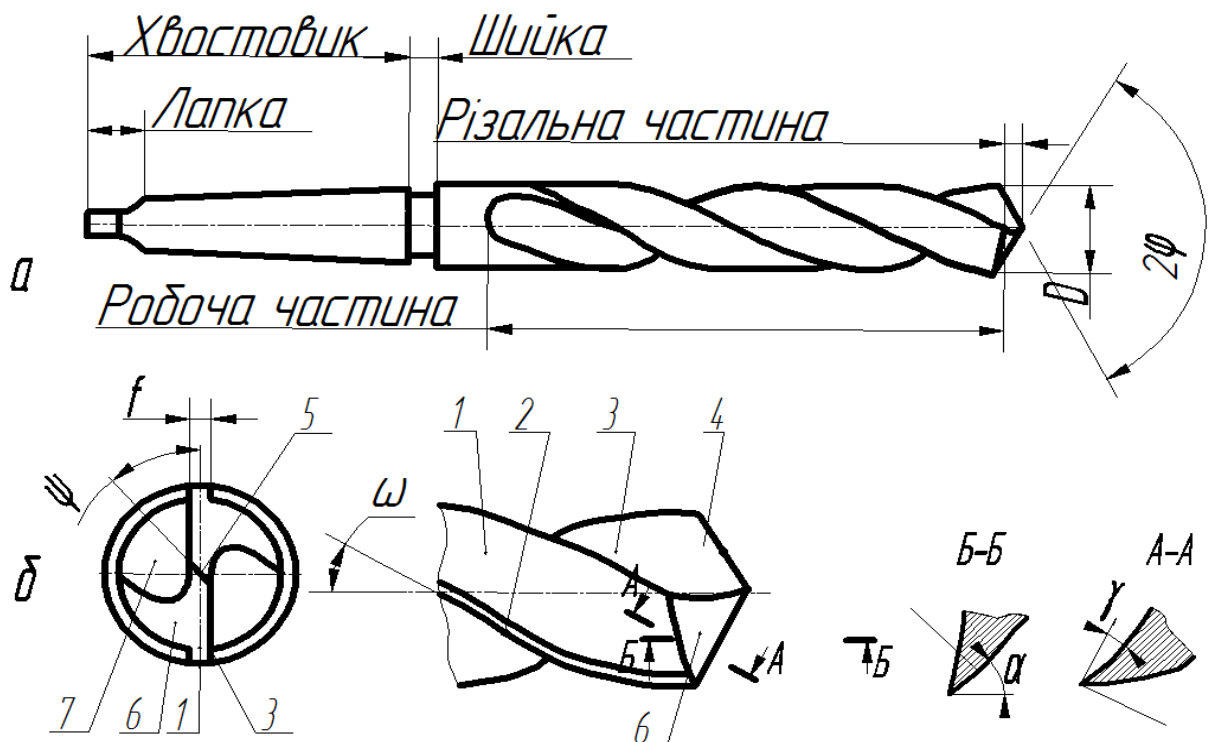


Рис. 2.7. Спіральне свердло

Стрічка розташована уздовж гвинтової лінії на направляючій частині і призначена для направлення свердла при різанні.

Свердла мають наступні геометричні параметри: кут при вершині свердла 2φ , кут нахилу гвинтової канавки ω , передній кут γ , задній кут α , кут нахилу поперечної кромки ψ .

Як інструментальні матеріали для виготовлення свердел використовують швидкорізальні сталі марок Р6М5, Р6М3, Р9К5 і рідше тверді сплави марок ВК6М, ВК10М, ВК8 і ін. Твердосплавні свердла 2...6 мм виготовляють суцільними, а свердла \varnothing 6...30 мм оснащують твердосплавними пластинами.

2.2.2. Зенкери і розвертки

Операція зенкерування, яка виконується зенкером, використовується для збільшення діаметра, підвищення точності і зниження шорсткості поверхонь отворів, отриманих свердлінням, литтям або штампуванням. Зенкерування забезпечує точність отворів у межах 9-11 квалітетів із шорсткістю поверхні R_a 6,3...3,2 мкм. Цей процес продуктивніший від розсвердлювання і розточування та дозволяє знімати припуск, у середньому, 1...4 мм на діаметр.

Характерні приклади обробки, які виконуються зенкерами, показані на рис. 2.8.

Операція розвертання застосовується, як правило, для остаточної обробки отворів після напівчистових операцій (наприклад, після зенкерування, розточування й ін.).

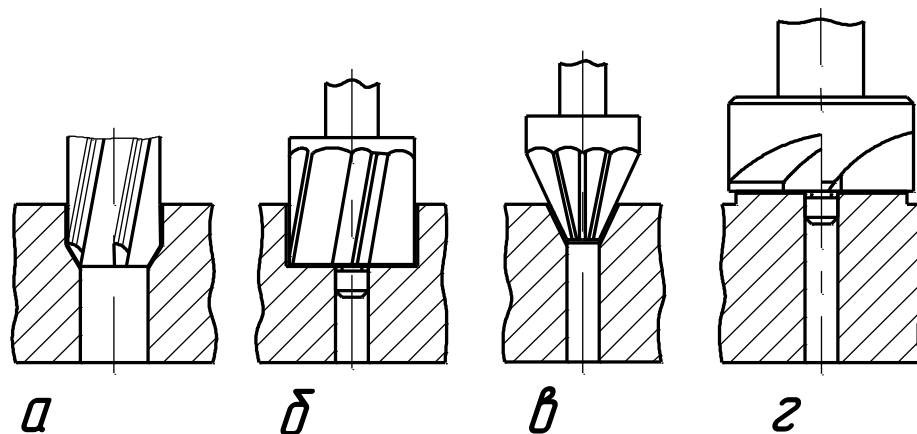


Рис. 2.8. Схеми зенкерування:

а – обробка наскрізного отвору; б – обробка циліндричних заглибин під головки гвинтів і болтів; в – знімання фасок; г – обробка торцевих поверхонь бобишок

Розвертання забезпечує обробку отворів за 7-8 квалітетами точності із шорсткістю поверхонь R_a 2,5...0,63 мкм. При розвертанні знімається припуск значно менший, ніж при зенкеруванні. Він дорівнює 0,15...0,5 мм на сторону для чорнових розверток і 0,05...0,15 мм - для чистових.

За конструкцією розвертки і зенкери подібні між собою, однак мають ряд відмінностей.

Зенкер і розвертка складаються з робочої частини, шийки і хвостовика (рис. 2.9, 2.10).

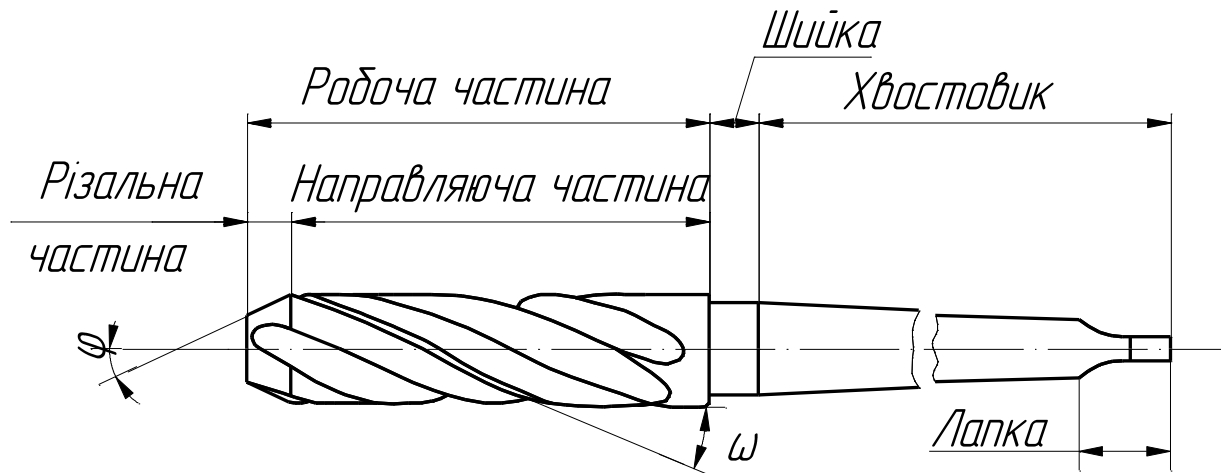


Рис. 2.9. Зенкер

У зенкера робоча частина складається з різальної і направляючої частин та звичайно має 3-6 різальних гвинтових зубів. При цьому різальна частина знімає припуск на обробку, а направляюча частина потрібна для направлення зенкера і калібрування отвору.

У розвертки робоча частина складається з різальної та калібруючої частини.

Частина, яка ріже, включає також і направляючий конус, що покращує направлення розвертки при вході в оброблюваний отвір.

Калібруюча, у свою чергу, складається з циліндричної частини D , яка служить для калібрування отвору, і конічної, що має зворотну конусність і зменшує тертя інструмента по поверхні отвору.

Розвертка має більшу кількість прямих зубів - 6-12.

Зенкери і розвертки мають наступні основні геометричні параметри (рис. 2.10, 2.11): передній кут γ , задній кут α , кут загострення β , головний кут у плані φ , кут нахилу канавки ω .

Передній γ і задній α кути вимірюють у головній січній площині, перпендикулярній до різальної кромки у розглядуваній точці (рис. 2.11).

Кути α і γ можна розглядати як на різальній, так і на калібруючій частині інструмента.

Вимірювання геометричних параметрів свердла, зенкера або розвертки виконують відповідно до методики, викладеної в п. 2.2.5. Результати замірів заносять у табл. 2.1.

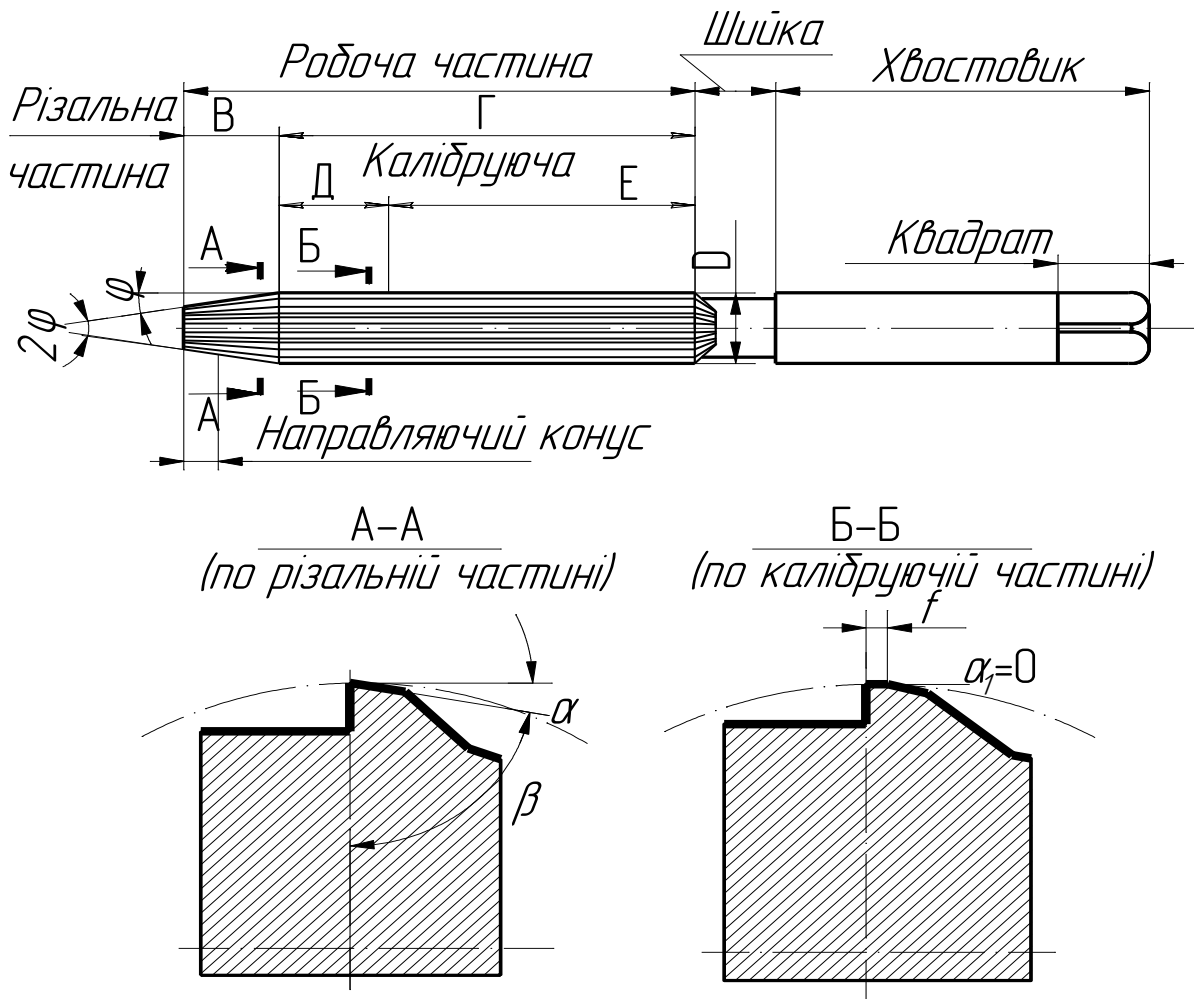


Рис. 2.10. Розвертка

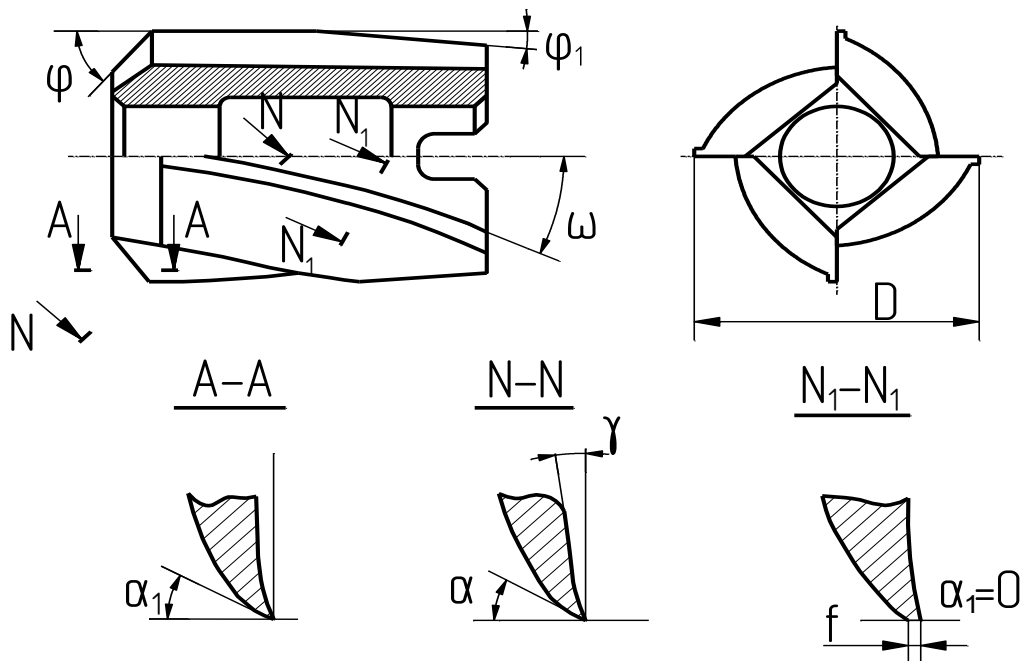


Рис. 2.11. Геометрія зенкера та розвертки

В даний час зенкери і розвертки виготовляють зі швидкорізальної сталі або оснащують пластинками з твердого сплаву. Застосовують також монолітні твердосплавні інструменти.

2.2.3. Фрези

Фрезерування - високопродуктивні і широко розповсюджені операції при обробці різанням різних площин, пазів, уступів, фасонних і гвинтових поверхонь і т.п.

Фрезерування забезпечує наступну якість поверхонь:

чорнове - шорсткість R_a 20...10 мкм, точність у межах 14 -12 квалітетів;

однократне - шорсткість R_a 5...2,5 мкм, точність у межах 12-11 квалітетів;

чистове - шорсткість R_a 2,5...1,25 мкм, точність у межах 10 - 9 квалітетів;

тонке - шорсткість R_a 1,25...0,63 мкм, точність у межах 9 - 8 квалітетів.

Фреза являє собою різальний інструмент, який як би складений з окремих різців (зубів). Найбільш типова - циліндрична фреза (рис. 2.12), яка може виконуватися з прямими або з гвинтовими зубами. Гвинтова форма різальних зубів циліндричної фрези, що різуть, забезпечує плавність роботи, зменшує удари. Нахил зубів визначається кутом ω , рівним для циліндричних фрез 30...60°. Геометричні параметри фрези зображені на рис. 2.12.

Передній кут γ розглядають у головній січній площині, тобто в площині $N-N$, перпендикулярній до різальної кромки у розглядуваній точці. У цьому випадку γ - кут між площиною, дотичною до передньої поверхні, і основною площиною, що проходить через розглядувану точку різальної кромки і вісь обертання фрези.

Задній кут α також, як і всі інші кути зуба фрези, розглядають у площині, перпендикулярній до різальної кромки. Задній кут α - це кут між дотичною до задньої поверхні і площиною, дотичною до циліндричної поверхні в розглядуваній точці різальної кромки /площина різання/.

Кут загострення β - кут між дотичними до передньої і задньої поверхонь,

$$\beta = 90^\circ - (\gamma + \alpha).$$

Кути γ_k і α_k розглядають і задають у площині $M-M$, нормальній до осі фрези.

Вимірювання геометричних параметрів фрез виконується відповідно до методики, викладеної в п. 2.2.5. Результати замірів заносять у табл. 2.1.

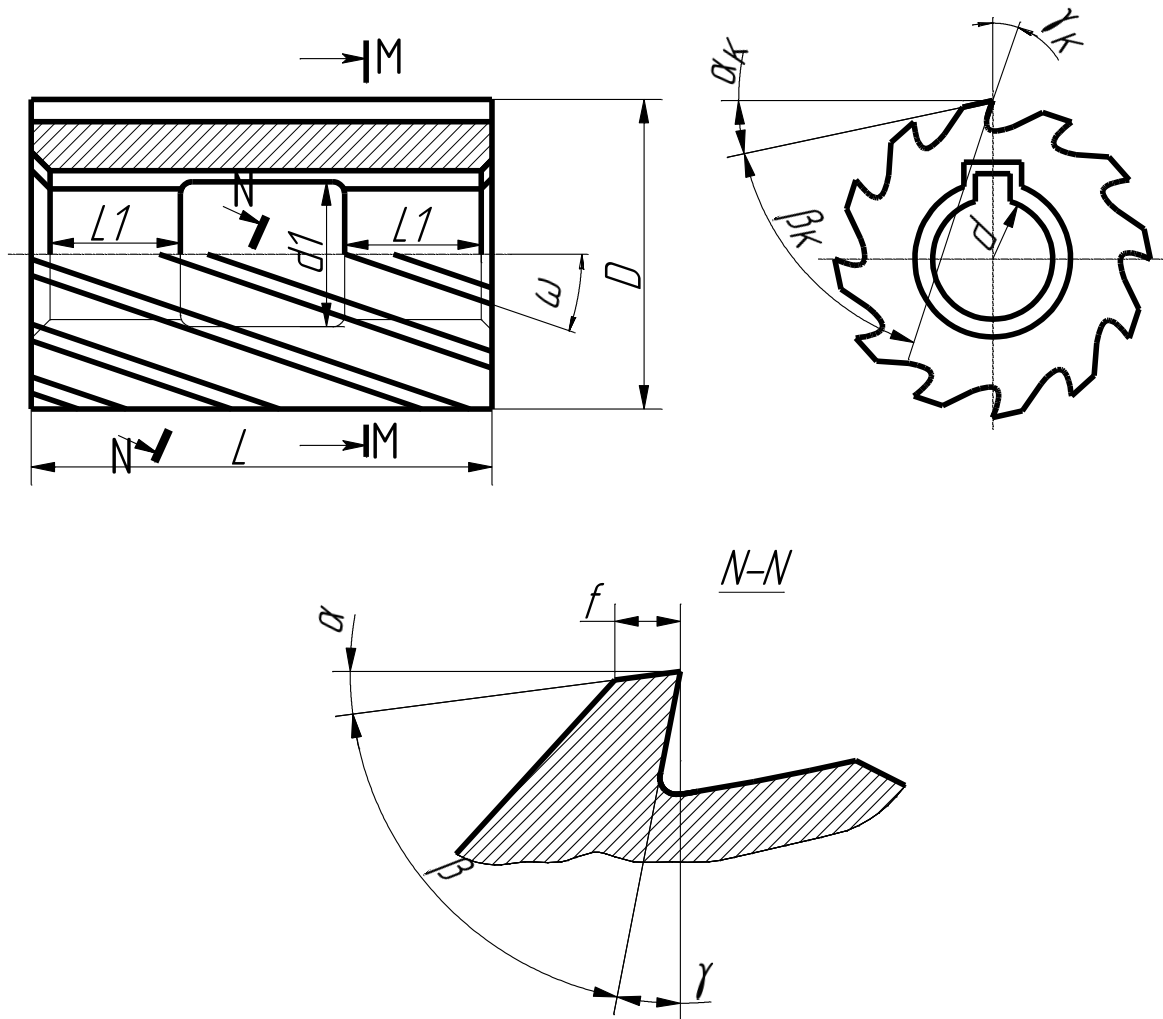


Рис. 2.12. Циліндрична фреза

Типи фрез.

Циліндричні фрези (рис. 3.20, а) застосовують для обробки площин. Їх виготовляють діаметром 40...90 мм і шириною 30...150 мм з прямими або гвинтовими зубами

Торцевими фрезами (рис, 3.20, б, в) обробляють площини, уступи. Різальні кромки зубів таких фрез розташовані на торцевій і циліндричній поверхнях. Основне знімання металу виконують різальні кромки, які розташовані на циліндричній поверхні, а торцеві різальні кромки - тільки зачищають оброблену поверхню.

Торцеві фрези виготовляються діаметром до 630 мм.

Кінцеві фрези (рис. 3.20, г, е) застосовують для обробки пазів, уступів, площин. Різальні кромки таких фрез розташовані як на циліндричній, так і на торцевій поверхнях. Основну роботу різання виконують кромки циліндричної частини, а торцеві - тільки зачищають оброблену поверхню.

Дискові фрези (рис. 3.20, и) діаметром до 315 мм застосовують для обробки уступів і пазів. Їх розділяють на односторонні (з різальними кромками тільки на циліндричній частині); двосторонні (з різальними кромками на циліндричній і одній торцевій поверхнях); тристоронні (з різальними кромками на циліндричній і двох торцевих поверхнях).

Відрізні і прорізні фрези служать для відрізування заготовок і прорізування пазів.

Фасонні фрези (рис. 3.20, л) використовують для обробки фасонних поверхонь. Їх виготовляють із затилованими зубами, основна особливість яких у тому, що при переточуваннях по передній поверхні профіль фрези зберігається.

Крім перерахованих основних типів фрез використовують і інші, наприклад для виготовлення різьб, нарізування зубів зубчастих коліс і т.п.

Фрези виготовляють суцільними і збірними. За способом кріплення вони можуть бути кінцевими і насадними з отворами. Як матеріал для різальних частини фрез, використовують швидкорізальні сталі, тверді сплави і надтверді матеріали на основі кубічного нітриду бору, наприклад гексаніт.

2.2.4. Протяжки

Операції протягування, виконувані протяжками, застосовують для обробки різних поверхонь:

- наскрізних отворів будь-якої форми (гладких, шліцьових, шпонкових, багатограних та ін.);
- зовнішніх поверхонь, плоских і фасонних;
- зубів зубчастих коліс, внутрішнього і зовнішнього зачеплення.

Протягування забезпечує одержання оброблених поверхні в межах 6-9 квалітетів точності із шорсткістю R_a 2,5...0,16 мкм. Протягування застосовують у серійному і масовому виробництвах.

Різання при протягуванні здійснюється за рахунок того, що при поступальному русі протяжки кожен наступний різальний зуб вищий від попереднього на товщину зрізаної стружки.

Кругла протяжка (рис. 2.13) складається з передньої замкової частини l_1 , яка призначена для закріплення протяжки в патроні протяжного верстата; шийки l_2 ; направляючого конуса l_3 ; передньої направляючої частини l_4 (для направлення протяжки на початку її роботи за попередньо обробленим отвором); різальної частини l_5 , на якій розташовані різальні зуби, що зрізують основний припуск; калібруючої частини l_6 , на якій розташовані калібруючі зуби, які забезпечують необхідну шорсткість поверхні; задньої направляючої частини l_7 , що служить для усунення перекосу заготовки в момент різання калібруючими зубами.

Різальні зуби протяжки мають стружкороздільні канавки, розташовані в шаховому порядку.

Профіль зуба протяжки містить у собі наступні елементи (рис. 2.13, б): крок зубів t_p ; висоту зуба h ; довжину спинки d ; радіус заокруглення дна западини r . Геометрія зуба протяжки визначається переднім γ і заднім α кутами, а також кутом загострення β .

Методика вимірювання основних елементів протяжки викладена, у п. 2.2.5. Результати вимірювання і розрахунку зазначених параметрів заносять до протоколу (табл. 2.1).

Протяжки виготовляють з легованих сталей типу 9ХС, ХВГ, швидкорізальних сталей або оснащуються різальними елементами із твердих сплавів.

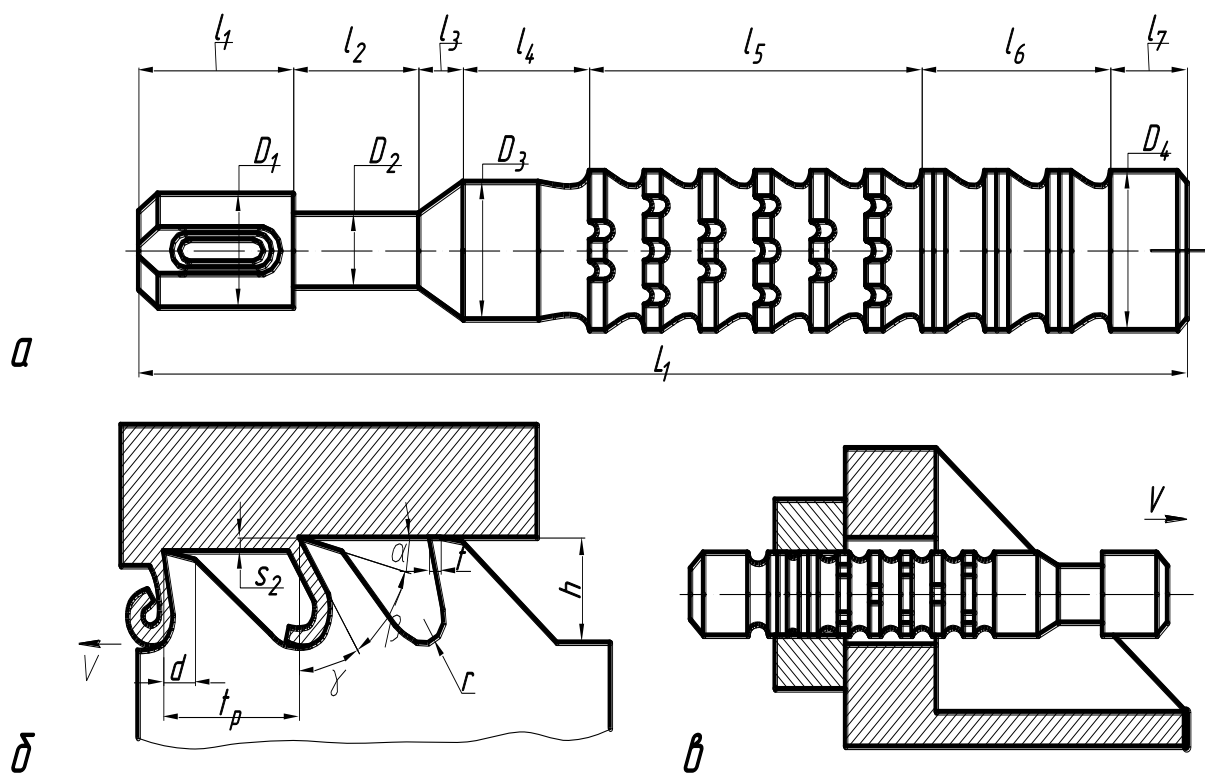


Рис. 2.13. Кругла протяжка

2.2.5. Вимірювання геометричних параметрів багатолезових інструментів

Для вимірювання конструктивних і геометричних елементів свердел, зенкерів, розверток, фрез і протяжок, розглянутих у даній роботі, застосовують наступні інструменти:

- масштабну лінійку – для лінійних розмірів;

- штангенциркуль і мікрометр – для діаметральних розмірів інструментів (рис. 2.14);
 - універсальний кутомір – для кутів ω , φ свердел, зенкерів і розверток (рис. 2.15);
 - кутомір Бабчиніцера – для задніх і передніх кутів (рис. 2.16).
- При вивченні конструкції свердел вимірюють наступні елементи:
- діаметр свердла між стрічками біля забірного конуса (див. рис. 2.14);

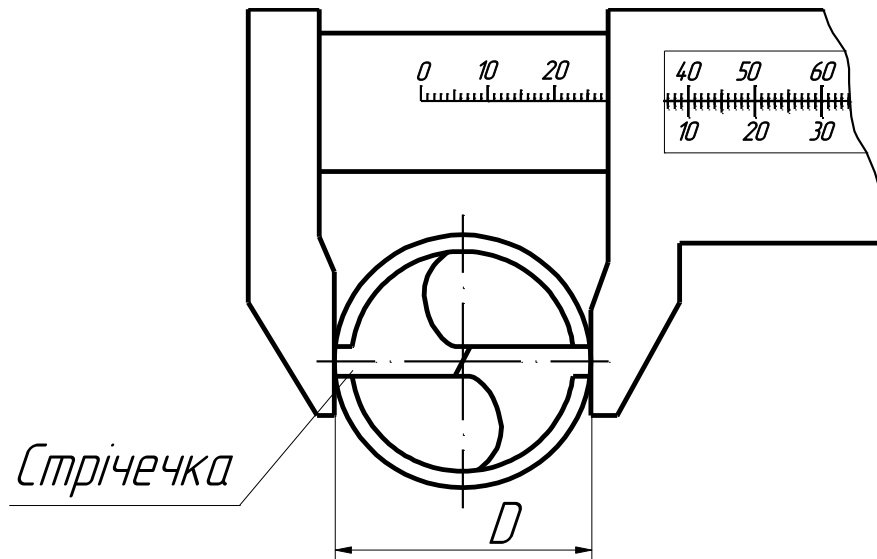


Рис. 2.14. Схема вимірювання діаметральних розмірів

- кут нахилу поперечної кромки ψ (рис 2.15, а), при цьому планку 1 прикладають до головної різальної кромки, а планку 3 - до поперечної кромки;

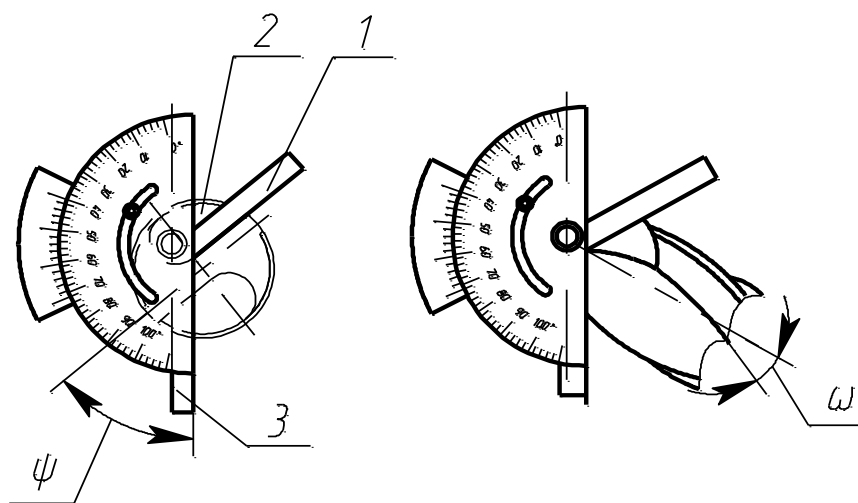


Рис. 2.15. Схеми вимірювання універсальним кутоміром

- кут 2φ при вершині свердла (рис. 2.15, б);
- кут ω підйому гвинтової лінії визначають за відбитком, одержаним при прокатуванні свердла на папері (наприклад, через копірку) і вимірюваному універсальним кутоміром.

Передній γ і задній α кути мають різні значення в залежності від точки вимірювання на головній різальній кромці. Наприклад, у крайній зовнішній точці задній кут дорівнює $8...12^\circ$, а ближче до осі свердла - до $20...25^\circ$, з прямими або з гвинтовими зубами. З урахуванням певної складності вимірювання, кути γ і α у лабораторній роботі можна не вимірювати.

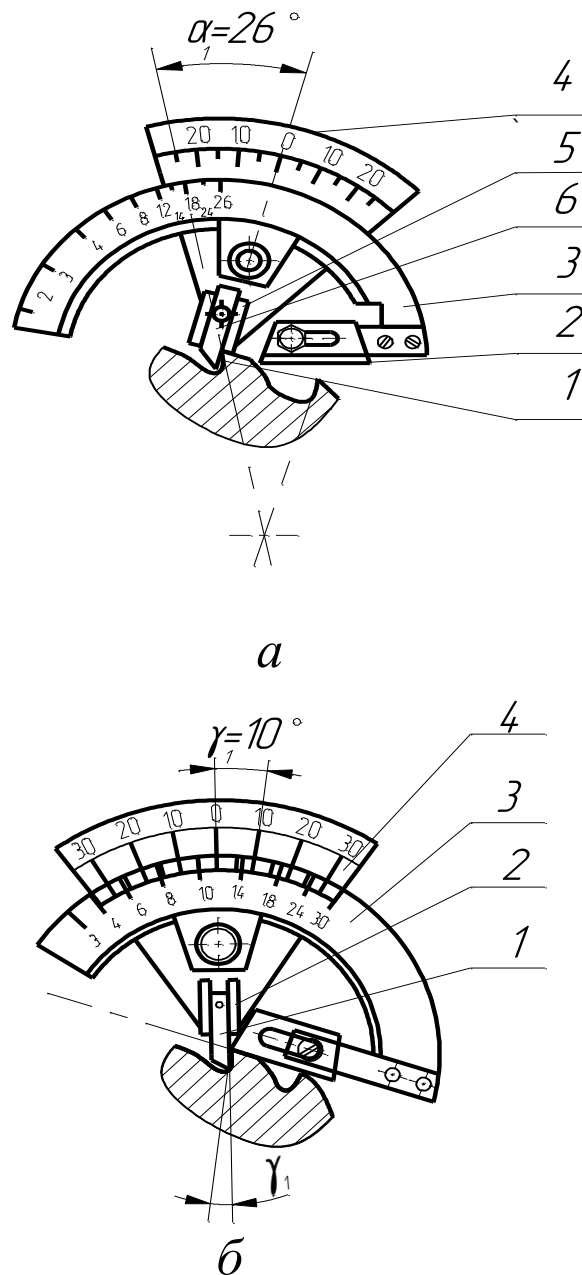


Рис. 2.16. Схеми вимірювань кутоміром Бабчиніцера

Результати вимірювання оформляють у вигляді протоколу і заносять у таблицю 2.1.

При вивченні фрез вимірюють діаметр фрези і її кути, визначають кількість різальних зубів. Задній і передній кути вимірюються за допомогою кутоміра Бабчиніцера.

Задній кут (рис. 2.16, а) вимірюють наступним чином:

1) кутомір накладають на два сусідні зуби 1 і 2 так, щоб різальна кромка вимірювального зуба упиралася у вершину кута, утвореного вимірювальною площиною ножа 6 і планки 3, а торцева частина приладу була перпендикулярна до осі фрези;

2) повертають сектор приладу 4 до суміщення вимірювальної площини 3 з задньою поверхнею зуба фрези;

3) відраховують за градусною шкалою 4 сектора значення заднього кута, яке дорівнює дузі між штрихом 0 на градусній шкалі 4 і одним з штрихів на шкалі 5, що відповідає градусній шкалі 4 і одним з штрихів на шкалі 5, що відповідає кількості зубів фрези.

Наприклад, для 18 зубів фрези задній кут $\alpha = 26^{\circ}$.

При вимірюванні переднього кута дотримуються такої послідовності (рис. 2.16, б):

1) на леза двох сусідніх зубів накладається прилад так, щоб різальна кромка вимірюваного зуба упиралася у вершину кута, утвореного вимірювальною площиною ножа 1 і планки 2, а торцева частина кутоміра була перпендикулярна до осі фрези;

2) повертають сектор 3 кутоміра до суміщення вимірювального ножа 1 з передньою поверхнею зуба фрези;

3) відраховують за градусною шкалою сектора 3 значення переднього кута, яке дорівнює дузі між штрихом на градусній шкалі 4 і штрихом на шкалі 3, що відповідають кількості зубів фрези.

Для циліндричних фрез з гвинтовими зубами задній кут заміряють у площині $M-M$, нормальній до осі фрези (рис. 2.12), а передній – в площині $N-N$, нормальній до напрямку зуба. Залежності між кутами α та γ в площинах $M-M$ та $N-N$ мають вид:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \omega} \quad ; \quad \operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma \cos \omega \quad .$$

Кут піднімання гвинтових зубів ω вимірюють за слідом гвинтової лінії на площині.

Результати вимірювань необхідно занести в протокол (табл. 2.1) і за ними виконати ескіз фрези.

При вивченні протяжок вимірюють: лінійні розміри $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7$, діаметри D_1, D_2, D_3, D_4 , а також, за допомогою мікрометра, діаметри

різальних і калібруючих зубів. Передній γ і задній α кути заміряють кутоміром Бабчиніцера таким же чином, як і в фрез.

На основі вимірювань заповнюють таблицю 2.1 і виконують ескіз протяжки.

2.3. Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які поверхні розрізняють на оброблювальній заготовці?
2. Які поверхні і кромки розрізняють на різальній частині інструмента?
3. Які рухи виконуються при обробці різанням і яке їх визначення?
4. Яке визначення робочої площини і її позначення?
5. Яке визначення основної площини і її позначення? Які кути знаходяться в основній площині?
6. Яке визначення площини різання і її позначення? Який кут знаходиться в площині різання?
7. Яке визначення головної січної площини і як її позначають? Які кути знаходяться в цій площині?
8. Як класифікують різці і з яких матеріалів виготовляють їх різальну частину?
9. Якими засобами і як заміряють кути різців?
10. З яких частин складається спіральне свердло і яку якість поверхонь забезпечує свердління?
11. З яких частин складається зенкер, яке його призначення і якість обробленої поверхні?
12. З яких частин складається розвертка, яке її призначення і якість обробленої поверхні?
13. Які фрези застосовують при обробці різанням і яку якість поверхні вони забезпечують при різних видах фрезерування?
14. Яке призначення, якість обробленої поверхні і схема обробки при протягуванні? З яких частин складається кругла протяжка і які її геометричні параметри?
15. Яке призначення кутоміра Бабчиніцера і як ним користуватися?

Лабораторна робота № 3

ВИВЧЕННЯ КОМПОНОВКИ, ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ

І ОСНОВНИХ РУХІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ВЕРСТАТІВ

Мета роботи – вивчити компоновку, основні і допоміжні рухи робочих органів, схеми обробки поверхонь, способи кріплення інструмента та заготовок на верстатах.

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з класифікацією верстатів.
2. Вивчити призначення та технологічні можливості верстатів, рухи робочих органів, способи кріплення заготовок на верстатах.
3. Скласти ескізи, які ілюструють компоновку і технологічні можливості верстатів, основні рухи робочих органів та їх розмірність, кріплення заготовок і інструментів. Ескізи необхідно скласти для токарно-гвинторізного, токарно-револьверного, вертикально-свердлильного, радіально-свердлильного, горизонтально-розточувального, вертикально-фрезерного, горизонтально-фрезерного, поперечно-стругального, кругло-та плоскошліфувального верстатів.
4. Оформити звіт з лабораторної роботи. Звіт повинен включати ескізи верстатів, виконані олівцем або кульковою ручкою вручну (копії не допускаються), короткий опис їх призначення з показанням робочих рухів та їх розмірностей, способів кріплення заготовок та інструментів.

3.1. Загальні відомості та вказівки

3.1.1. Класифікація металорізальних верстатів (МРВ)

У промисловості застосовують велику кількість металорізальних верстатів, які класифікують за технологічним призначенням (тобто за видом виконуваних робіт), точністю їх виготовлення, рівнем спеціалізації, видом управління, конструктивними особливостями, типорозмірами.

За технологічним призначенням МРВ розділяють на дев'ять груп: токарні, свердлильні і розточувальні, шліфувальні, комбіновані, зубо- і різьбооброблюючі, фрезерні, стругальні і протяжні, розрізні та різні (табл. 3.1). Кожна група верстатів додатково розділена на типи.

За нормами точності верстатобудування МРВ розділяють на верстати нормальної Н, підвищеної П, високої В, особливо високої А точності і особливо точні С. При переході від класу до класу величина допусків за

Класифікація металорізальних верстатів

Таблиця 3.1

Верстати	Група	Типи								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарні	1	Автомати та напівавтомати	Багатошпиндельні	Револьверні	Свердлильно-відрізні	Карусельні	Токарні і лобові	Багаторізеви	Спеціалізовані	Різні токарні
		Одношпиндельні	Напівавтомати	Багатошпиндельні	Кординатно-розточувальні	Радіально-свердлильні	Розточувальні	Алмазно-розточувальні	Горизонтально-свердлильні	
Свердлильні і розточувальні	2	Вертикально-свердлильні	Одношпиндельні	Обдирно-шліфувальні	Спеціалізовані шліфувальні	–	Заточувальні	Плоскошліфувальні	Притиральні і полірувальні	Різні верстати, які працюють абразивом
Шліфувальні і доводочні	3	Круглошліфувальні	Внутрішньо-шліфувальні	Автомати	Електрохімічні	Електроіскрові	–	Електроерозійні, ультра-звукові	Анодно-механічні	–
Комбіновані (для електрофізичної і електрохімічної обробки)	4	Універсальні	Напівавтомати	Автомати	Електрохімічні	Електроіскрові	–	Електроерозійні, ультра-звукові	Анодно-механічні	–
Зубо- і різьбоброблюючі	5	Зубо- і різьбоброблюючі	Зуборізні для конічних коліс	Зубофрезерні для циліндричних коліс і шліцьових валів	Зубофрезерні для ячних коліс	Для обробки торців зубів коліс	Різьбобрезерні	Зубообробні	Зубо- і різьбоб-шліфувальні	Різні зубо- і різьбоб-оброблюючі
		Фрезерні консольні	Фрезерні безперервної дії	–	Копіювальні і гравірувальні	Вертикальні безконсольні	Поздовжні	Широкоуніверсальні	Горизонтальні консольні	Різні фрезерні
Стругальні, довбальні і протяжні	7	Поздовжні	Поздовжні	Поперечно-стругальні	Довбальні	Протяжні	–	Протяжні вертикальні	–	Різні стругальні
		одностоякові	двостоякові	–	Правильно-відрізні	Стрічкові	Дискові пили	Ножівкові	–	–
Розрізні	8	Відрізні, які працюють диском, різцем, кругом	–	Правильно і безцентровано-обдирні	–	Для дослідження інструментів	Ділильні машини	Балансувальні	–	–
Різні	9	Муфто- і трубооброблюючі	Пилконасінні	Правильно і безцентровано-обдирні	–	–	Ділильні машини	Балансувальні	–	–

точністю зменшується, утворюючи геометричну прогресію зі знаменником ряду 1,6.

За рівнем спеціалізації розрізняють верстати:

універсальні – для виконання різних операцій при виготовленні деталей широкої номенклатури, головним чином в одиничному і малосерійному виробництві;

спеціалізовані – для обробки однотипних заготовок різних розмірів у серійному і великосерійному виробництві;

спеціальні – для виготовлення деталей одного типорозміру у великосерійному і масовому виробництвах.

За видом керування є верстати з ручним, механізованим, автоматичним (нечисловим) і числовим програмованим керуванням.

За конструктивними особливостями МРВ бувають горизонтальні і вертикальні, одно- і багатошпиндельні, з одним або з декількома супортами тощо.

У залежності від маси і габаритних розмірів МРВ розділяють на легкі (до 1 т), середні (1...10 т) і важкі (понад 10 т). Особливо важкі верстати з масою понад 100 т називають унікальними.

Різні моделі верстатів позначають трьома або чотирма цифрами, з яких перша вказує на групу верстата, друга – його тип, третя та четверта – розмір робочого простору, тобто гранично допустимі розміри обробки. При модернізації верстата в його позначення вводять букву між першою і другою цифрами, а при модифікації – букву в кінці позначення.

Наприклад, позначення моделі верстата 16К20 розшифровують так: 1 – токарна група, 6 – тип токарно-гвинторізний, 20 – висота центрів 200 мм, К – модернізований. Модель верстата 2Н135 означає: 2 – свердлильно-розточувальна група, 1 – тип вертикально-свердлильний, 35 – максимальний діаметр оброблюваного отвору, мм, Н – модернізований. Якщо базову модель вертикально-фрезерного верстата позначають шифром 6Н12, в якому 2 – номер стола розміром 320x1250 мм, то модифіковану модель копіювально-фрезерного верстата позначають шифром 6Н12К, а вертикально-фрезерного з ЧПК – 6Н12Ф3.

3.1.2. Класифікація рухів у верстатів

Ланки технологічної системи верстат – пристрій – інструмент – деталь (ВПД), які несуть заготовку та інструмент, в процесі обробки виконують узгоджені рухи. За призначенням їх можна розділити на формоутворюючі (робочі), установочні, ділильні, керування та допоміжні.

Робочі рухи інструмента і заготовки в процесі різання прийнято розділяти на головний рух і рух подачі.

Їх визначення у відповідності з ГОСТ 25762-83 наведені в лабораторній роботі № 2.

Установочні рухи необхідні для того, щоб привести інструмент і заготовку у вихідне положення, яке забезпечує зрізування припуску і отримання заданого розміру обробленої поверхні. Якщо в процесі установочного руху зрізається стружка, то його називають рухом врзання, якщо стружка не зрізається – налагоджувальним рухом. Наприклад, рух врзання на верстатах токарної групи необхідний, якщо необхідно на валі проточити місцеве стоншення (шийку); налагоджувальний рух – переміщення стола вертикально-свердлильного верстата з ЧПК разом з заготовкою після обробки одного отвору в наступне положення для обробки другого отвору.

Ділильний рух необхідний для повороту установленної на столі заготовки на заданий кут. Наприклад, поворот заготовки шестерні, установленної на оправці в центрах ділильної головки, для фрезерування наступної западини між зубами; поворот заготовки, установленної на столі оброблюючого центра з ЧПК, після обробки однієї поверхні на заданий кут для обробки наступної.

До допоміжних відносяться рухи, які забезпечують установлення, закріплення, розтискування і транспортування заготовки, швидке переміщення заготовки і різального інструмента в зону різання, охолодження, видалення стружки, правку інструмента, змащування тощо.

До рухів керування відносять ті, які виконують органи керування, регулювання і координування усіх інших виконуючих рухів верстата. До таких органів відносяться реверсивні пристрої, муфти, кулачки, золотники, перемикачі, обмежувачі ходу та ін.

Будь-який виконуючий рух верстата можна охарактеризувати траєкторією, швидкістю, напрямом, шляхом і вихідною точкою. Найважливіші параметри будь-якого руху – траєкторія і швидкість.

3.1.3. Верстати з числовим програмованим керуванням (ЧПК)

Верстатами з ЧПК називають верстати, керовані за допомогою обчислювальних пристроїв за програмами, записаними на перфострічках та перфокартах (застарілі моделі), магнітних дисках та стрічках, або набраних за допомогою клавіатури на екрані дисплея, перевіреними і засланими в пам'ять мікропроцесора або ЕОМ, яка обслуговує верстат.

Ці верстати представляють собою напівавтомати, які виконують повну обробку заготовки без втручання людини. Функції верстатника зводяться до установки заготовок, їх знімання і вибіркового контролю якості деталей.

У найбільш досконалих верстатів з ЧПК за допомогою програми автоматизовані усі види рухів: автоматично витримуються форма і розміри обробленої поверхні, перемикається частота обертання шпинделя і величина подачі стола з заготовкою, міняється інструмент, вмикається або вимикається подача мастильно-охолодної рідини (МОР), коректується початкове положення інструмента або положення еквідистанти тощо.

Якщо такий верстат з ЧПК оснастити магазином або тактовим столом для розміщення заготовок і автооператором або роботом для завантаження цих заготовок у робочу зону, то він перетворюється в гнучкий виробничий модуль (ГВМ). ГВМ може функціонувати автономно і легко вмонтовується в гнучкі виробничі системи (ГВС).

Верстати з ЧПК швидко переналагоджуються на виготовлення нових деталей, тому вони є єдиним видом обладнання, яке дозволяє автоматизувати малосерійне і серійне виробництво. У масовому виробництві їх застосовувати недоцільно, тому що, з одного боку, не використовується їх основна перевага – гнучкість (тобто швидка переналагоджуваність), а з другого – вони менш продуктивні, ніж спеціальні багатошпиндельні верстати.

При позначенні моделей верстатів з програмованим керуванням, у залежності від ступеня автоматизації і прийнятої системи керування, до позначення базової моделі верстата додають букву Ф з цифрою:

Ф1 – з цифровою індексацією положення робочих органів, а також з попереднім набором координат;

Ф2 – з позиційною системою ЧПК;

Ф3 – з безперервною (контурною) системою ЧПК;

Ф4 – з універсальною (комбінованою) системою ЧПК.

За способом заміни інструмента верстати з ЧПК розділяють на наступні три групи:

верстати з ручною заміною інструмента і програмуванням тільки формоутворення і швидкості подачі (найчастіше це вертикально-фрезерні верстати для обробки за контуром);

верстати з автоматичною заміною інструмента, який установлений у багатопозиційній револьверній головці, і програмуванням формоутворення і режимів обробки;

верстати з автоматичною заміною інструмента, який установлений у багатомісному магазині, з повним програмуванням усього процесу обробки (типу “оброблюючий центр”).

В позначення моделей верстатів з револьверною головкою вписують букву Р, а з магазином – М.

У залежності від рівня автоматизації верстати з ЧПК можуть оснащуватись такими системами числового керування:

П – позиційна, яка забезпечує установлення робочого органу верстата в позицію з координатами, котрі задані програмою керування, найчастіше без обробки в процесі переміщення робочого органу з однієї позиції на іншу (для керування верстатами свердлильно-розточувальної групи);

Н – безперервна (контурна), яка забезпечує автоматичне переміщення робочого органу верстата за траєкторією з контурною швидкістю, котра задана програмою (для обробки заготовок за прямокутним і складним контуром на токарних і фрезерних верстатах);

У – універсальна (комбінована), яка включає в себе позиційну і контурну системи (для управління обробляючими центрами).

Позначення систем керування верстатами з ЧПК – чотирьохзначне:

- перша буква позначає тип системи управління (П, Н, У);
- другий знак – кількість усіх координат, що керуються програмою;
- третій знак – кількість координат, які одночасно керуються програмою;
- четвертий знак – тип привода подачі (1 – кроковий привод без зворотного зв'язку, тобто розімкнена система ПК; 2 – більш досконалий слідкуючий або слідкуюче – регульований привод зі зворотним зв'язком, тобто замкнена система ПК).

Найповнішими є базові системи керування Н531, Н532, У521, У522 та ін. на основі яких компонують інші системи.

У загальному виді система програмного керування верстатом показана на рис. 3.1 і складається з окремих блоків.

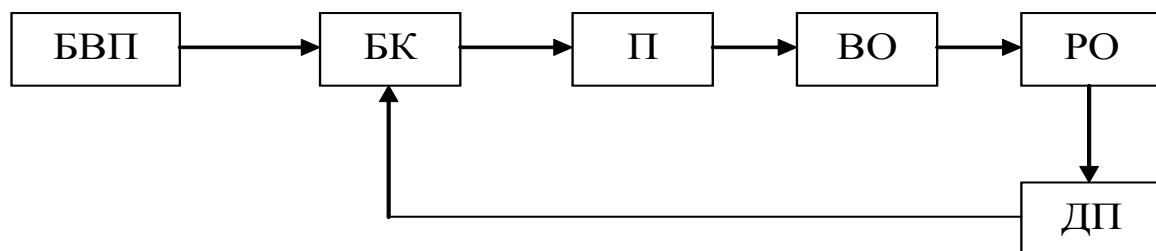


Рис.3.1. Структурна схема ПК

БВП – блок введення програми, призначений для зчитування з програмоносія закодованих керуючих сигналів у вигляді світлових, магнітних, електричних або інших фізичних впливів. Він включає пристрій для транспортування програмоносія і пристрій для зчитування.

У найсучасніших верстатах з ЧПК, які оснащені мікропроцесорами або керуються ЕОМ, функції БВП можуть виконувати дисплеї або термінали, в котрих програма обробки заготовки набирається оператором

за допомогою клавіатури і засилається в пристрій керування для переробки і зберігання.

БК – блок керування, який перетворює отримані від БВП фізичні впливи в електричні командні імпульси або потенціали. Він також розшифровує введену інформацію, зіставляє фактичне положення робочих органів верстата з заданим і, при необхідності, виробляє коректувальні команди. БК – основний блок системи ЧПК верстатом.

П – блок, який підсилює сигнали, отримані від БК, до рівня, що забезпечує надійну роботу верстата.

ВО – виконуючий орган верстата, який відпрацьовує команди, отримані від БК через П, і безпосередньо зв'язаний з робочим органом верстата. ВО включає двигуни крокові (високомоментні або з гідропідсилювачами), а також високомоментні двигуни постійного струму, золотники, сервомеханізми, муфти, електромагніти тощо.

РО – керований робочий орган верстата, який практично реалізує командні впливи, що задані програмою. Він може бути представлений у вигляді стола верстата, супорта, шпинделя, револьверної головки тощо.

ДП – датчик переміщення, який призначений для реєстрації фактичного переміщення робочого органу і виконання зворотного зв'язку з БК. Він присутній тільки в замкнених системах ПК і включає датчики переміщення або повороту.

Для кодування керуючих програм найширше застосовують міжнародний код ISO-7bit, який дозволяє в якості програмоносія використовувати паперову перфострічку шириною 25,4 мм, що має сім доріжок для запису програми. ISO-7bit – добре розроблений алфавітно-цифровий код, до роботи з котрим пристосована переважаюча кількість верстатів з ЧПК.

Практика експлуатації верстатів з ЧПК у малосерійному виробництві показала, що їх застосування дає значний економічний ефект:

- економія працевитрат складає 25-80 %;
- один верстат з ЧПК може замінити 3-8 звичайних верстатів з ручним керуванням (РК);
- продуктивність праці підвищується на 50 %;
- на 30-80 % скорочуються витрати на проектування та виготовлення оснастки;
- у 4-8 разів зменшується вартість доводочних операцій, тому що точність обробки на верстатах з ЧПК значно вища ніж з РК;
- час підготовки виробництва скорочується на 50-70 %.

Проте вартість верстатів з ЧПК у декілька разів перевищує вартість верстатів з РК, крім того, підвищуються вимоги до технологів. Тому в

кожному конкретному випадку доцільність застосування верстата з ЧПК повинна бути економічно обґрунтованою.

3.2. Верстати токарної групи

Група токарних верстатів – одна з найчисленніших і включає дев'ять типів верстатів, які відрізняються за призначенням, областю застосування, технологічними можливостями, рівнем автоматизації і іншими ознаками. Основне призначення верстатів цієї групи – обробка зовнішніх (точіння), внутрішніх (розточування) і торцевих (підрізування) поверхонь тіл обертання, а також нарізування різьб. Крім того, можна оброблювати різні конічні і фасонні поверхні обертання.

Як інструменти застосовують різці різних типів, свердла, зенкери, розвертки; для виготовлення різьб – мітчики, плашки, різьбонарізні і різьбонакатні головки.

В машинобудуванні верстати токарної групи застосовують в основному для чорнової (12 квалітет точності, шорсткість R_a 16..8 мкм) і чистової обробки (11-9 квалітет точності, шорсткість R_a 8...2,5 мкм), рідше для тонкої обробки (8-7 квалітет точності, шорсткість R_a 1,25...0,16 мкм).

3.2.1. Токарно-гвинторізні верстати

Токарно-гвинторізні верстати застосовують в одиничному і малосерійному виробництвах для виготовлення деталей, обмежених поверхнями обертання.

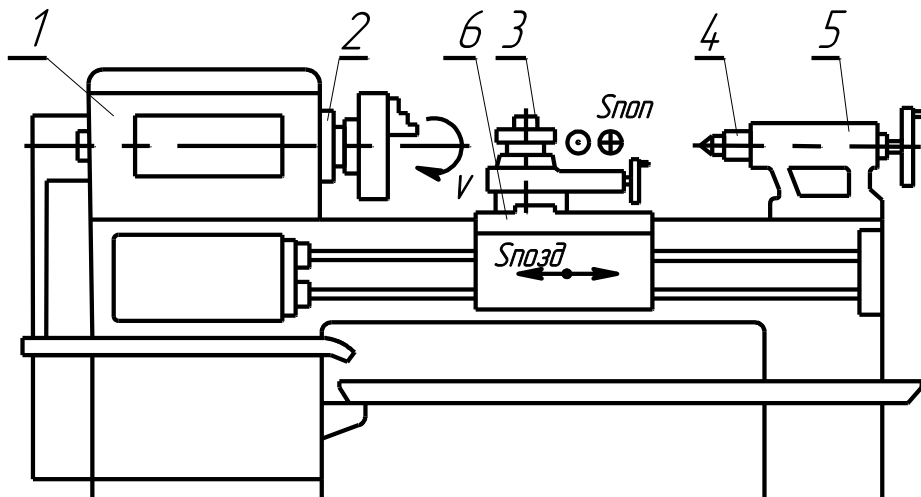


Рис. 3.2. Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстата

Основні вузли токарно-гвинторізного верстата (рис. 3.2): передня бабка 1 з шпинделем 2, задня бабка 5 з піноллю 4, супорт 6 з чотирьохпозиційним поворотним різцетримачем 3.

Головний рух різання – обертання шпинделя з закріпленою заготовкою V , $м/хв$; супорт з різцетримачем виконує позовжню і поперечну подачі S_o , $мм/об$ (S_x , $мм/хв$). Осьовий інструмент установлюють у конічному отворі пінолі задньої бабки з самогальмівним конусом Морзе і подають переважно вручну. У шпинделі також є конічний отвір для установки переднього центра, оправок тощо.

У промисловості широко застосовують такі моделі верстатів: 16К20, 16Б16А, 16К25, 16Л20 та ін.

Основні види робіт, виконуваних на токарно-гвинторізних верстатах: обточування зовнішніх циліндричних поверхонь виконується прямими або відігнутими прохідними різцями з позовжньою подачею (рис. 3.3, а) при установці заготовки в патроні консольно, в патроні з підтисканням заднім центром, в центрах тощо;

розточування внутрішніх циліндричних поверхонь – розточувальними різцями, закріпленими в різцетримачі верстата, з позовжньою подачею. Наскрізні отвори оброблюють розточувальними прохідними різцями (рис. 3.3, з), а глухі і ступінчасті – упорними розточувальними різцями (рис. 3.3, и);

свердління, зенкерування і розвертання отворів – відповідними інструментами, які установлюють у пінолі задньої бабки (рис. 3.3, ж);

підрізування торців – підрізними різцями з поперечною подачею до осі обертання (рис. 3.3, г);

обточування галтелей – прохідними різцями з закругленою за відповідним радіусом різальною кромкою з позовжньою подачею або галтельними різцями з поперечною подачею (рис. 3.3, д);

проточування канавок – прорізними різцями, в яких довжина головної різальної кромки дорівнює ширині канавки, з поперечною подачею (рис. 3.3, е);

відрізування деталей – відрізними різцями з поперечною подачею (рис. 3.3, к, л);

обточування конічних поверхонь – прохідними різцями зі зміщенням заднього центра у поперечному напрямі відносно осі шпинделя (при обробці довгих заготовок у центрах), з поворотом верхніх полозків супорта відносно направляючих верстата (при обробці коротких конічних поверхонь), з застосуванням конусних лінійок або копирів, широкими різцями з поперечною подачею та ін.; нарізування різьб – різцями, мітчиками, плашками, різьбонарізними головками.

При обробці на токарно-гвинторізних верстатах у залежності від виду виконуваних робіт, розмірів і форми заготовок їх закріплюють:

в патроні консольно – короткі, жорсткі заготовки (рис. 3.4, а);

в патроні і центрі – довгі нежорсткі заготовки (рис. 3.4, б);

в центрах – довгі заготовки валів і деякі типи оправок, які мають підготовлені центрові отвори (рис. 3.4, в), з передаванням крутного моменту через поводкові патрони, хомутики тощо;

на оправках – заготовки, які за базову поверхню мають оброблені отвори (рис. 3.4, г);

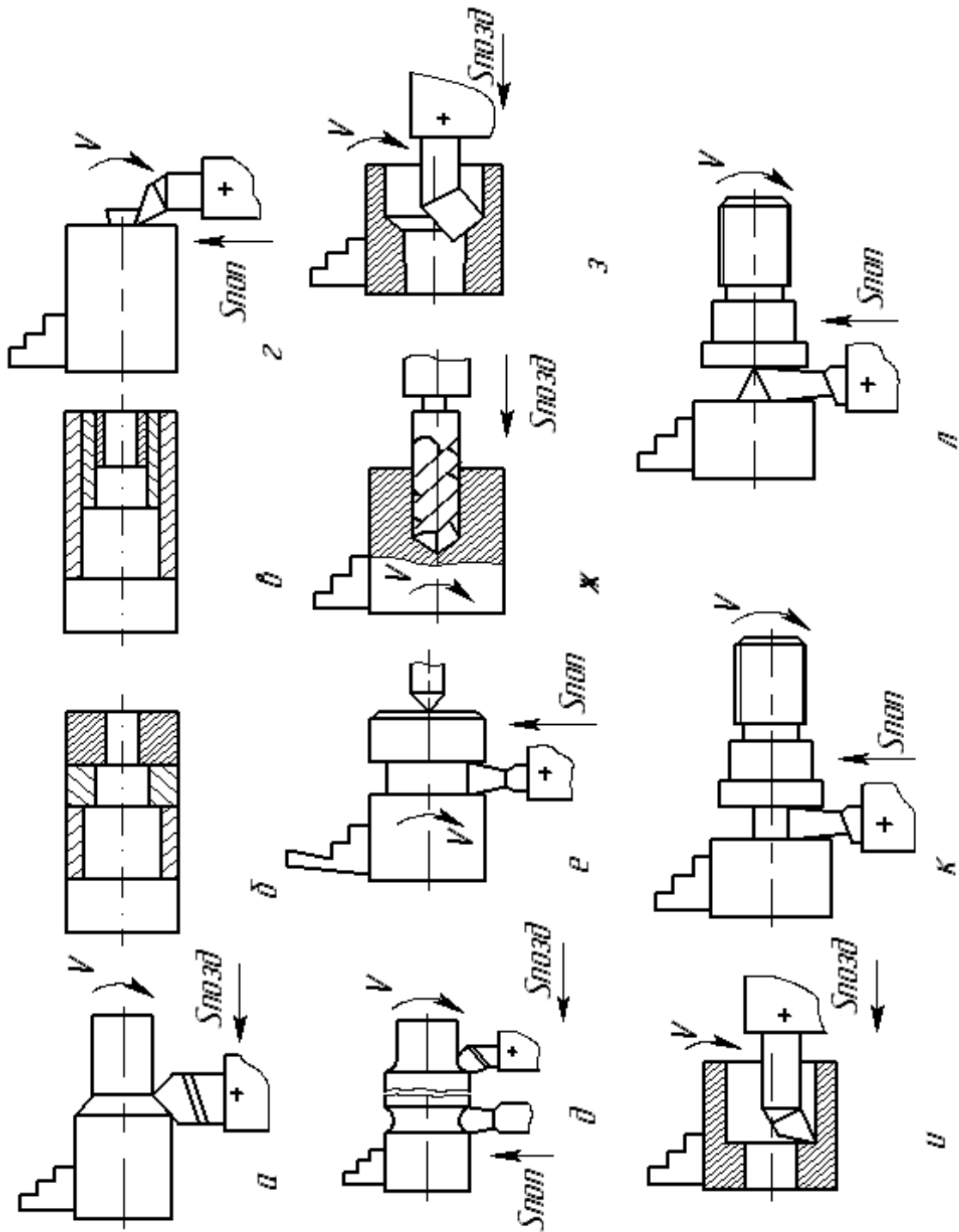


Рис. 3.3. Схеми обробки заготовок на токарно-гвинторізних верстатах

в патроні і люнеті – переважно довгі порожнисті заготовки, коли необхідно забезпечити вільний доступ інструмента для обробки осевого отвору;

на планшайбі з кріплення кулачками, прихватами, гвинтами – відносно великі заготовки неправильної форми;

на косинці, який установлено на планшайбі, - заготовки, в котрих вісь оброблюваної поверхні паралельна до базової;

у спеціальному пристрої, який закріплено на шпинделі верстата, - заготовки, установка і базування котрих раніше указаними способами утруднена.

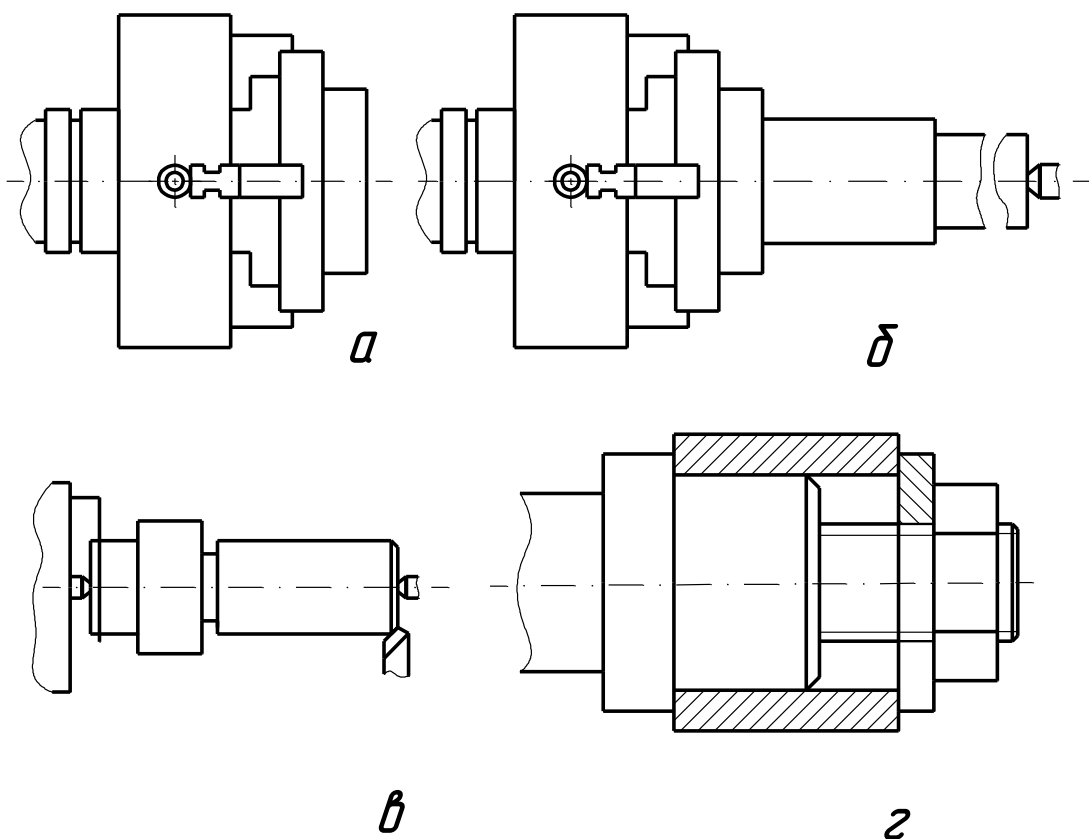


Рис. 3.4. Способи закріплення заготовок на токарно-гвинторізних верстатах

На токарно-револьверних верстатах, верстатах-автоматах і напівавтоматах для закріплення заготовок типу прутків застосовують цангові патрони (цанги), а для закріплення штучних заготовок (виливки, поковки) застосовують універсальні самоцентруючі патрони з гідرو- або пневмоприводом.

Різці на токарно-гвинторізних верстатах закріплюють у чотирьох позиційних різцетримачах. Свердла, зенкери і розвертки установлюють у пінолі задньої бабки.

Токарний патронно-центровий верстат з ЧПК 16К20РФ3, розроблений на базі верстата 16К20. Клас точності верстата – П. На супорті верстата установлений шестипозиційний автоматичний поворотний різцетримач з горизонтальною віссю обертання. Модифікація верстата 16К20РФ3 в залежності від оснащення системою ЧПК має позначення:

16К20РФ3С1 – “Контур 2ПТ–71”;

16К20РФ3С4 – “ЭМ-907”;

16К20РФ3С5 – “Н22-1М”.

Токарні верстати з ЧПК оснащуються безступінчастими системами регулювання частоти обертання шпинделя та величини подачі супорта.

3.2.2. Токарно-револьверні верстати

Ці верстати відносять до третього типу токарної групи. Вони призначені для виготовлення деталей складної конфігурації в серійному виробництві.

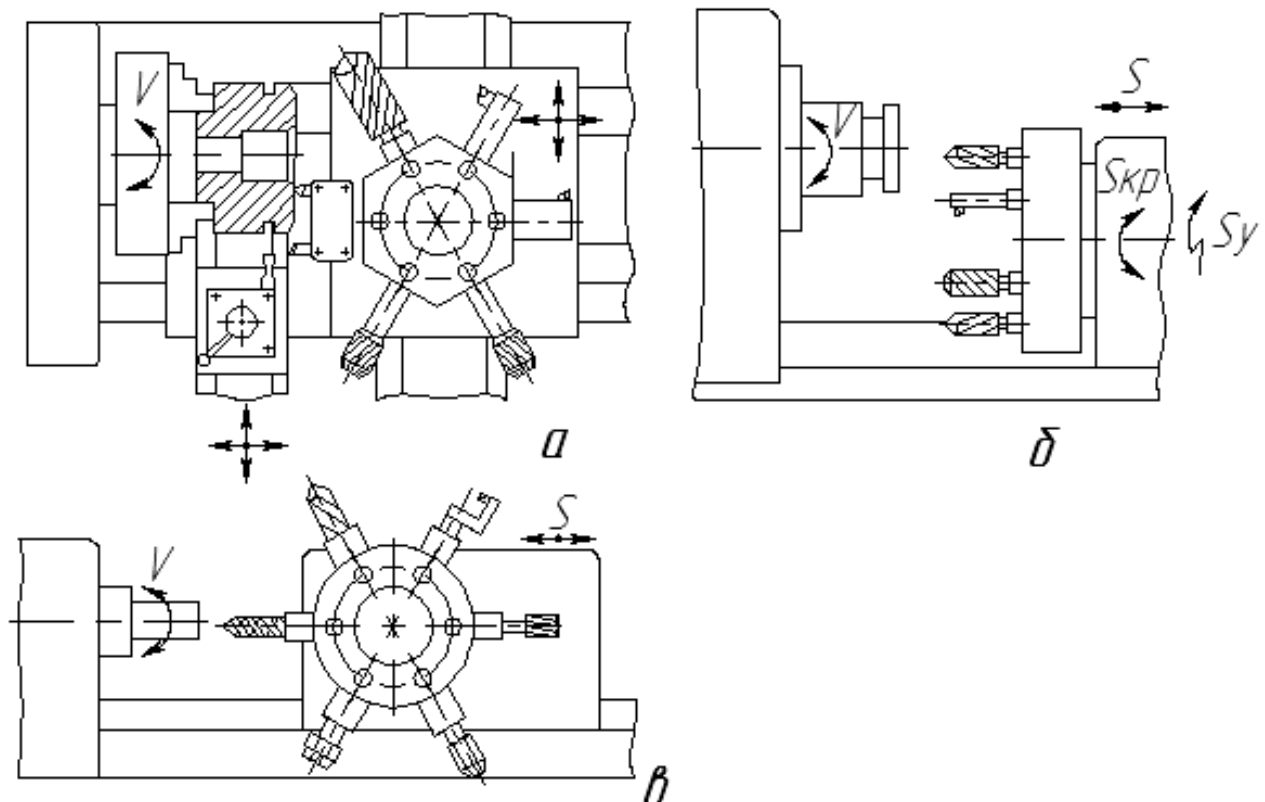


Рис. 3.5. Типи револьверних головок

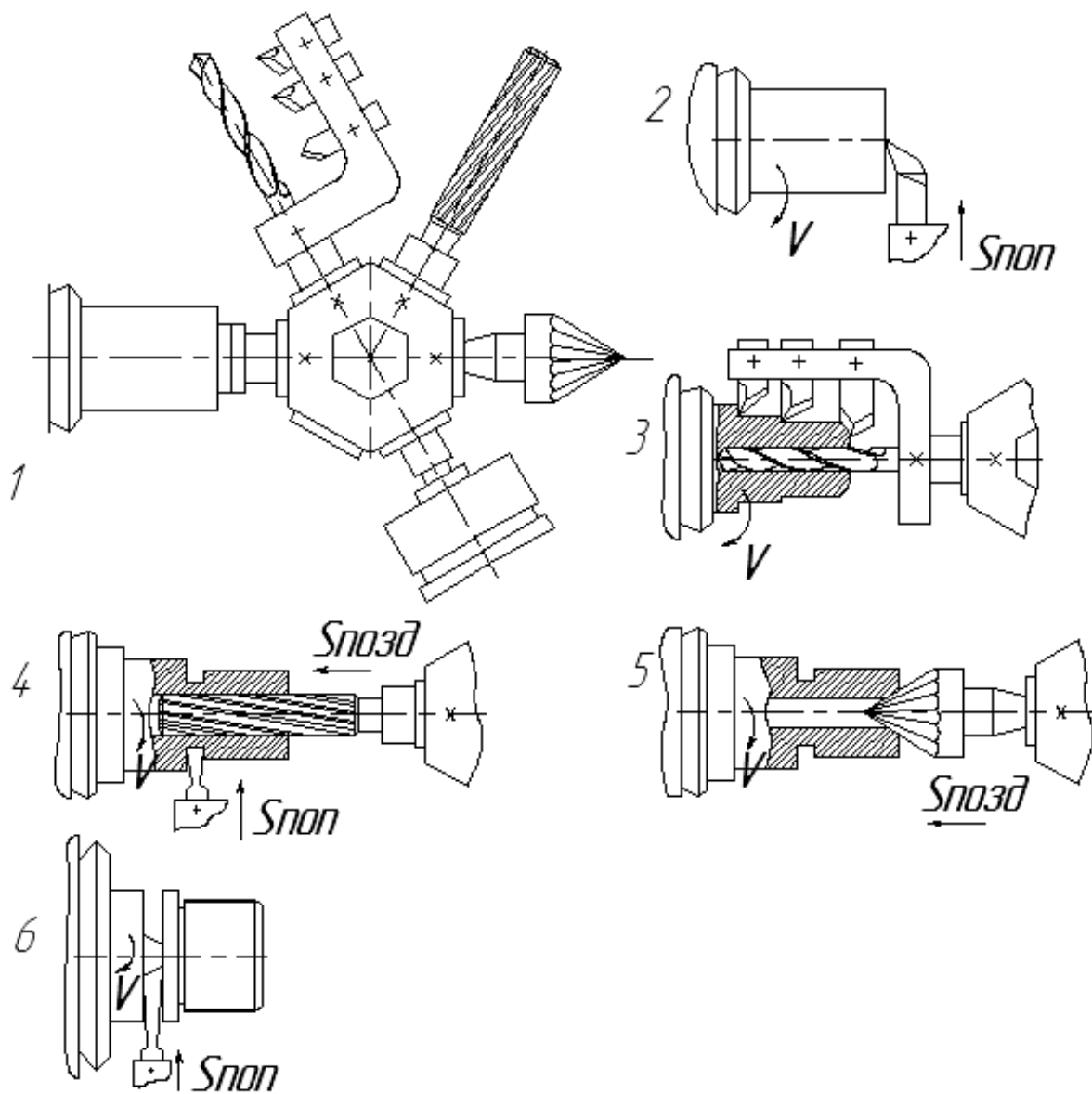


Рис. 3.6. Схеми обробки поверхонь заготовок на токарно-револьверних верстатах

Основна їх відмінність від токарно-гвинторізних верстатів – замість задньої бабки вони мають багатопозиційну револьверну головку з отворами для інструментів. Швидка зміна інструмента при повороті револьверної головки, з автоматичним перемиканням частоти обертання шпинделя і подачі супорта, та можливість застосування багатоінструментних налагоджень дозволяє в декілька разів перевищувати продуктивність обробки на токарно-револьверних верстатах у порівнянні з продуктивністю обробки на токарно-гвинторізних. Але тому, що налагодження таких верстатів займає 2-3 і більше годин, їх застосовують, переважно, в серійному виробництві.

Розрізняють токарно-револьверні верстати з вертикальною і горизонтальною віссю обертання револьверної головки (РГ).

Більш важкі верстати, наприклад 1А365, з вертикальною віссю обертання РГ мають шестипозиційну револьверну головку і чотирихпозиційний різцевий супорт (рис. 3.5, а). Головний рух різання – обертання шпинделя з заготовкою. Револьверна головка має поздовжню подачу (іноді і поперечну), а різцевий супорт – поздовжню і поперечну.

Більш легкі верстати, наприклад 1А341, з горизонтальною віссю обертання РГ різцевого супорта не мають, але можуть мати 12-16-позиційну револьверну головку з віссю, паралельною до осі шпинделя верстата (рис. 3.5, б), або 6-позиційну РГ з віссю обертання, перпендикулярною до осі шпинделя верстата (рис. 3.5, в). Ці револьверні головки мають поздовжню і поперечну подачі. Розмірність робочих рухів така ж, як і на токарних верстатах.

На токарно-револьверних верстатах виготовляють деталі типу штуцерів, ступінчастих валиків, фланців, кілець, гайок, болтів тощо з прутків або з штучних заготовок, закріплених у цангових або трьохкулачкових патронах консольно.

На них обточують зовнішні поверхні, свердлять, зенкерують, розточують або розвертають осьові отвори, підрізають торці, проточують канавки, фаски, обточують фасонні поверхні, нарізають зовнішні (плашками, різьбонарізними головками, гребінками) і внутрішні (мітчиками) різьби. Схема налагодження токарно-револьверного верстата з вертикальною віссю обертання РГ показана на рис. 3.6.

У виробництві широко застосовують токарно-револьверні верстати з ЧПК, які працюють в автоматичному режимі за заданою програмою: 1В340Ф30, 1Е365ПФ3, 1П416Ф3 (вертикальної компоновки), 1П426Ф3.

3.2.3. Токарно-карусельні верстати

Ці верстати відносять до п'ятого типу токарної групи. На них оброблюють середні і важкі заготовки, у яких відношення висоти до діаметра складає 0,3-0,7. Це заготовки корпусів, маховиків, зубчастих коліс, шківів тощо.

Токарно-карусельні верстати мають круглий горизонтальний стіл-планшайбу діаметром від 0,5 до 18 м з вертикальною віссю обертання. Верстати з діаметром стола до 1,6 м – одностоякові, понад 1,6 м – одностоякові.

Одностоякові верстати (мод. 1512) мають на вертикальному стояку один боковий супорт з чотирихмісним різцетримачем і на горизонтальній консолі – револьверний супорт з п'ятипозиційною револьверною головкою.

Двостоякові верстати (мод. 1525, 1520, 1Л532) мають п'ятипозиційну револьверну головку і чотирьохмісний різцевий супорт на траверсі і за особливим замовленням можуть оснащуватись чотирьохпозиційним супортом на стояку (рис. 3.7).

Усі супорти мають вертикальну і горизонтальну подачі, а різцеві – установочний поворот навколо горизонтальної осі для обробки конічних поверхонь. Траверса має установочне вертикальне переміщення.

Головний рух різання – обертання стола з заготовкою. Допоміжні рухи – поворот револьверної головки і швидке переміщення супортів. Розмірність робочих рухів така ж, як і на токарних верстатах.

Заготовка установлюється на столі з вивірянням на верстаті або за розміткою і закріплюється прихватами або чотирма кулачками з індивідуальним приводом.

На таких верстатах обточують зовнішні і розточують внутрішні циліндричні і конічні поверхні, свердлять, зенкерують і розвертають отвори, обточують плоскі торцеві поверхні.

Горизонтальне розміщення площини стола (часто на рівні підлоги) полегшує установку і вивірення важких заготовок.

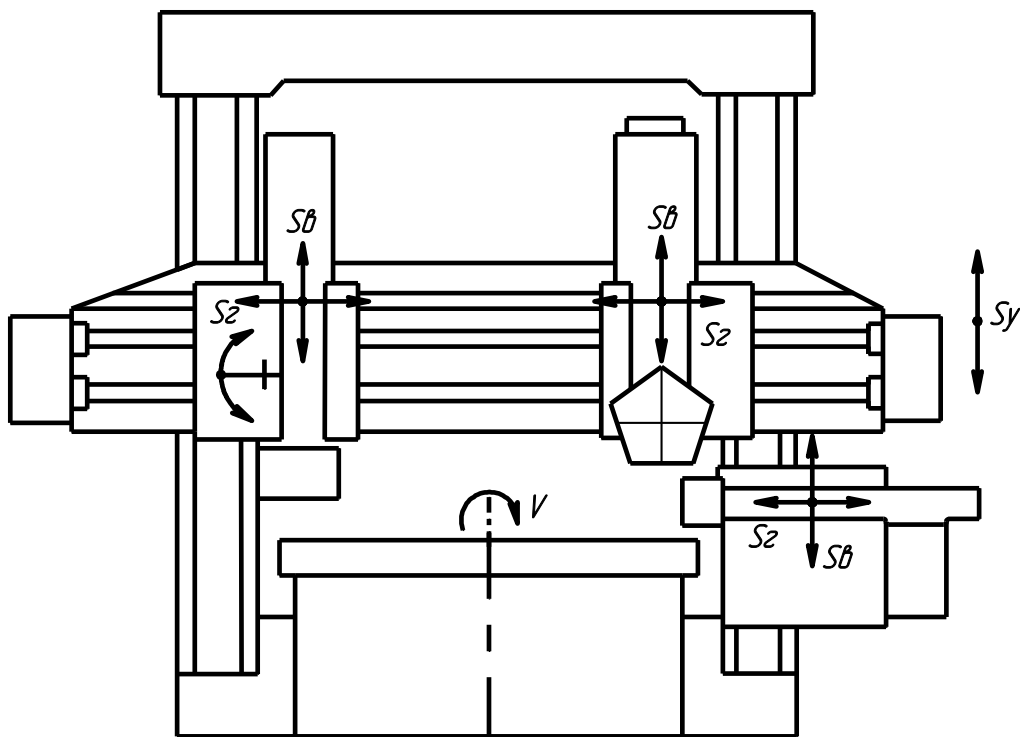


Рис. 3.7. Загальний вигляд токарно-карусельного верстата

У машинобудуванні широко застосовують токарно-карусельні верстати з ЧПК мод. 1А512МФ3, 1А516МФ3, 1А525МФ3, 1А532ЛМФ3, які працюють у напівавтоматичному режимі.

3.2.4. Інші типи токарних верстатів

Для токарної обробки заготовок в умовах масового і великосерійного виробництва застосовують багаторізцеві токарні верстати і токарні автомати та напівавтомати. Такі верстати мають два і більше супорти, на кожному з яких може бути встановлено декілька різців, що одночасно працюють, і це дозволяє підвищити продуктивність обробки.

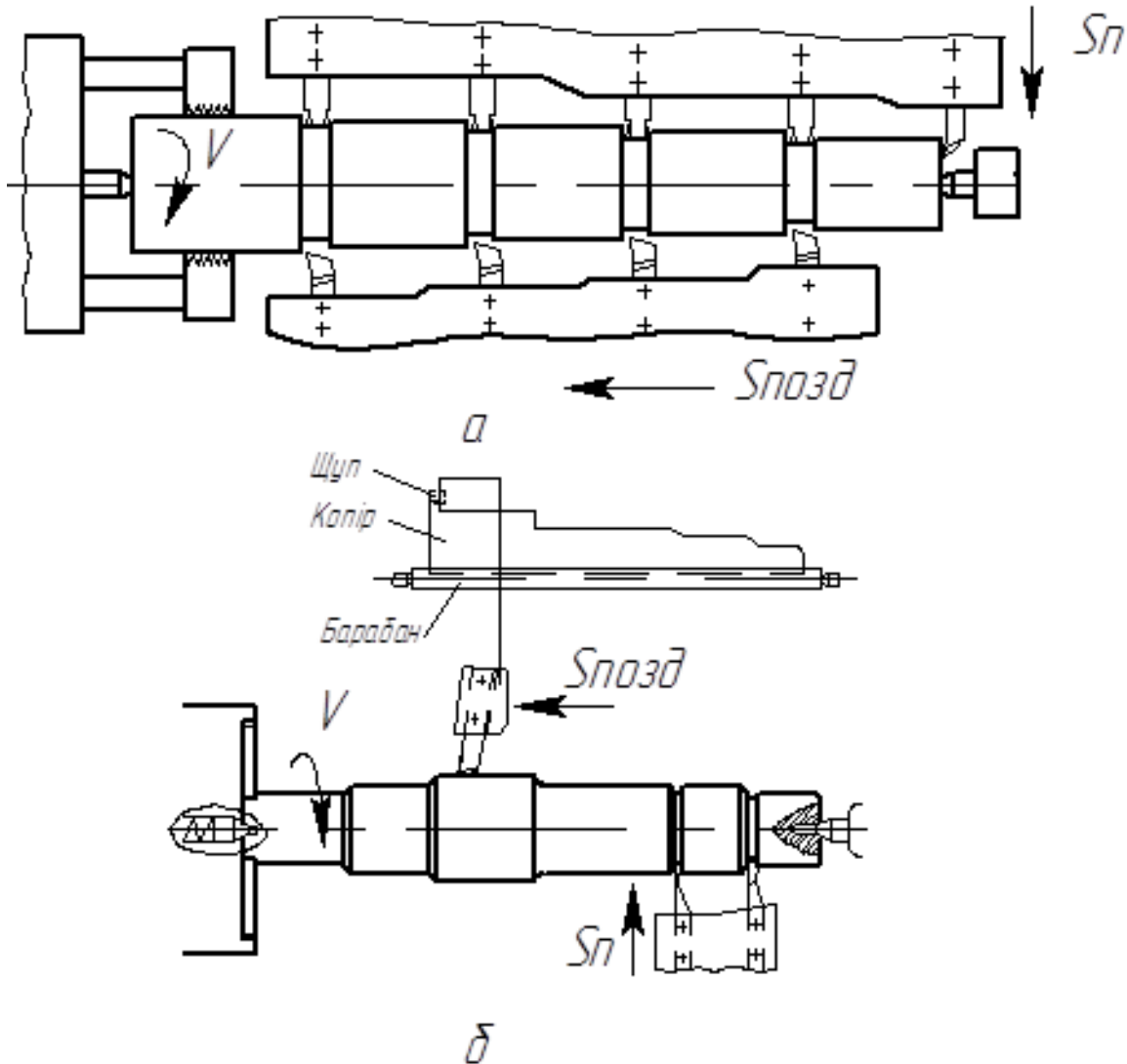


Рис. 3.8. Схема роботи багаторізцевого (а) та гідрокопіювального (б) токарних напівавтоматів

Заготовки на таких верстатах встановлюють у патронах або в центрах.

Приклад обробки на багаторізцевому горизонтальному напівавтоматі (мод. 1А720, 1А730) з переднім поздовжнім і заднім поперечним супортом показаний на рис. 3.8, а. На рис. 3.8, б показана схема обробки на

горизонтальному гідрокопіювальному напівавтоматі (мод. 1712, 1722 та ін.) з верхнім копійвальним та нижнім поперечним супортами.

Токарні і багаторізцеві копійвальні напівавтомати з ЧПК (мод. 1П717Ф3, 1П752МФ3, 1Б732Ф3, 1740РФ3, 1723Ф3 та ін.) оснащені 4, 6 (до 12)-позиційними револьверними головками з безступінчастим приводом подач, працюють в автоматичному режимі.

Багатошпindelні горизонтальні і вертикальні токарні автомати і напівавтомати паралельної і послідовної дії з великими технологічними можливостями через тривалість налагодження застосовують у великосерійному і масовому виробництвах.

3.3. Свердлильні і розточувальні верстати

Ці верстати відносяться до другої групи і призначені для обробки отворів (Класифікація металорізальних верстатів (МРВ) наведена в таблиці 3.1).

3.3.1. Свердлильні верстати

Вони призначені для отримання наскрізних та глухих отворів у суцільному матеріалі, для чистової обробки отворів зенкеруванням і розвертанням, для нарізування і розкатування різьб. Указана обробка виконується свердлами, зенкерами, розвертками, мітчиками, плашками, різьбоформуючими головками.

Застосовують наступні типи універсальних свердлильних верстатів: настільно-свердлильні (одношпindelні), вертикально-свердлильні, радіально-свердлильні, багатошпindelні свердлильні і для глибокого свердління.

Найширше розповсюджені у промисловості вертикально-свердлильні і радіально-свердлильні верстати. При обробці на цих верстатах

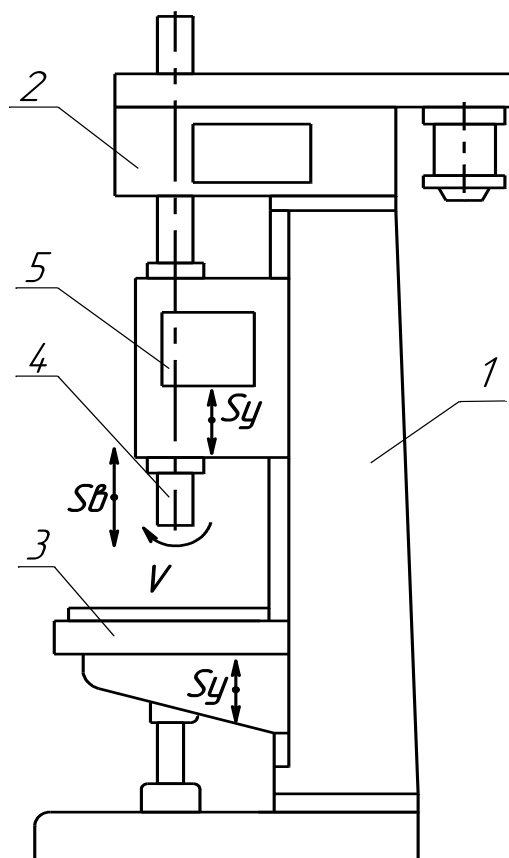


Рис. 3.9. Загальний вигляд вертикально-свердлильного верстата

головний рух – обертання шпинделя головний рух – обертання шпинделя з інструментом, V , м/хв; рух подачі - вертикальне прямолінійне переміщення шпинделя S_o , мм/об (S_x , мм/хв). На верстатах для глибокого свердління може обертатися заготовка, а інструмент виконувати горизонтальну подачу.

Вертикально-свердлильні верстати (рис. 3.9) призначені для обробки отворів в невеликих деталях масою до 25 кг. На колоні 1 установлена коробка 2 з клиноремінним приводом, а в направляючих колони установлені шпиндельна бабка 5 і стіл 3, які мають вертикальне установочне переміщення.

Оброблювану заготовку установлюють на столі, при цьому співвісність отвору і шпинделя досягається переміщенням заготовки.

Головний рух – обертання шпинделя 4 з закріпленим у ньому інструментом, а рух подачі – вертикальне переміщення шпинделя.

Моделі верстатів: 2Н118, 2Н125, 2Н135, 2Н150, 2Г175.

Радіально-свердлильні верстати (рис. 3.10) призначені для обробки декількох отворів у крупних заготовках в умовах одиничного і серійного

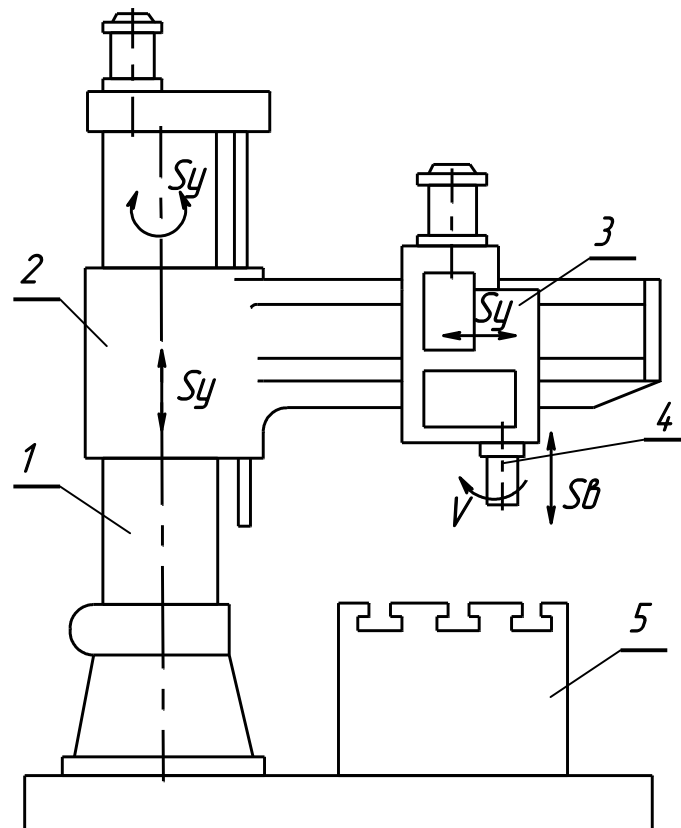


Рис. 3.10. Загальний вигляд радіально-свердлильного верстата

виробництв. На колоні 1 установлена консоль 2, по направляючих якої може переміщуватись шпиндельна бабка 3. Консоль має вертикальне установочне переміщення і поворот відносно колони.

На відміну від вертикально-свердлильних верстатів, суміщення осі шпинделя 4 з віссю оброблюваного отвору досягається за рахунок переміщення шпиндельної бабки відносно нерухокої заготовки, яка установлена на тумбі 5 або у свердлильному пристрої. Моделі верстатів: 2М55, 2Ш55, 2М57 та ін.

Свердлильні верстати з ЧПК (рис. 3.11) звичайно мають шестипозиційну або іншу револьверну головку 1, яка установлена у шпиндельній бабці 4, що переміщується вертикально уздовж осі Z по направляючих колони 2. Оброблювану заготовку установлюють на хрестовому столі 3, котрий за програмою переміщується у двох взаємоперпендикулярних напрямках уздовж осей X та Y.

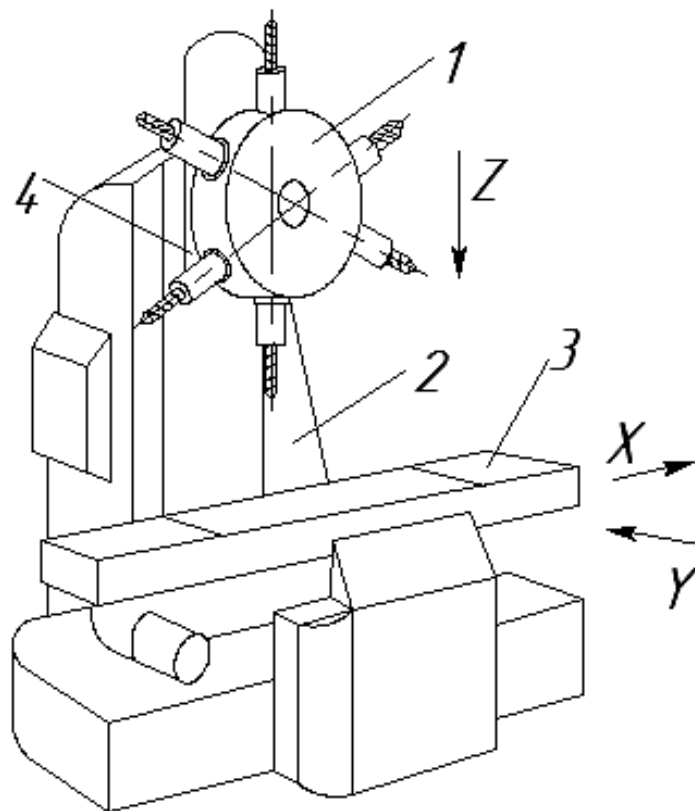


Рис. 3.11. Загальний вигляд вертикально-свердлильного верстата з ЧПК і револьверною головкою

У зв'язку з розширенням кола робіт, які виконуються на цих верстатах, стирається грань між свердлильними, розточувальними, координатно-розточувальними і безконсольно-фрезерними верстатами з ЧПК.

Більш важкі свердлильні верстати з ЧПК можуть мати порталну компоновку (для обробки отворів діаметром 50...60 мм) і оснащуватись багатомісним інструментальним магазином.

Свердлильні верстати з ЧПК оснащуються позиційними системами керування, але при виконанні фрезерних робіт все частіше застосовуються комбіновані системи: позиційні і прямокутні.

Моделі верстатів: 2P135Ф2, 2135ПМФ2, 2306ПФ2, 21104П7Ф4 та ін.

3.3.2. Установка і кріплення заготовок та інструмента на свердлильних верстатах

При обробці на свердлильних верстатах в одиничному та малосерійному виробництвах заготовки на столі верстата закріплюють притисковими планками (рис. 3.12, а) або в машинних лещатах.

Заготовки, які мають циліндричні поверхні, закріплюють у трьохкулачкових патронах або у призмах (рис. 3.12, в).

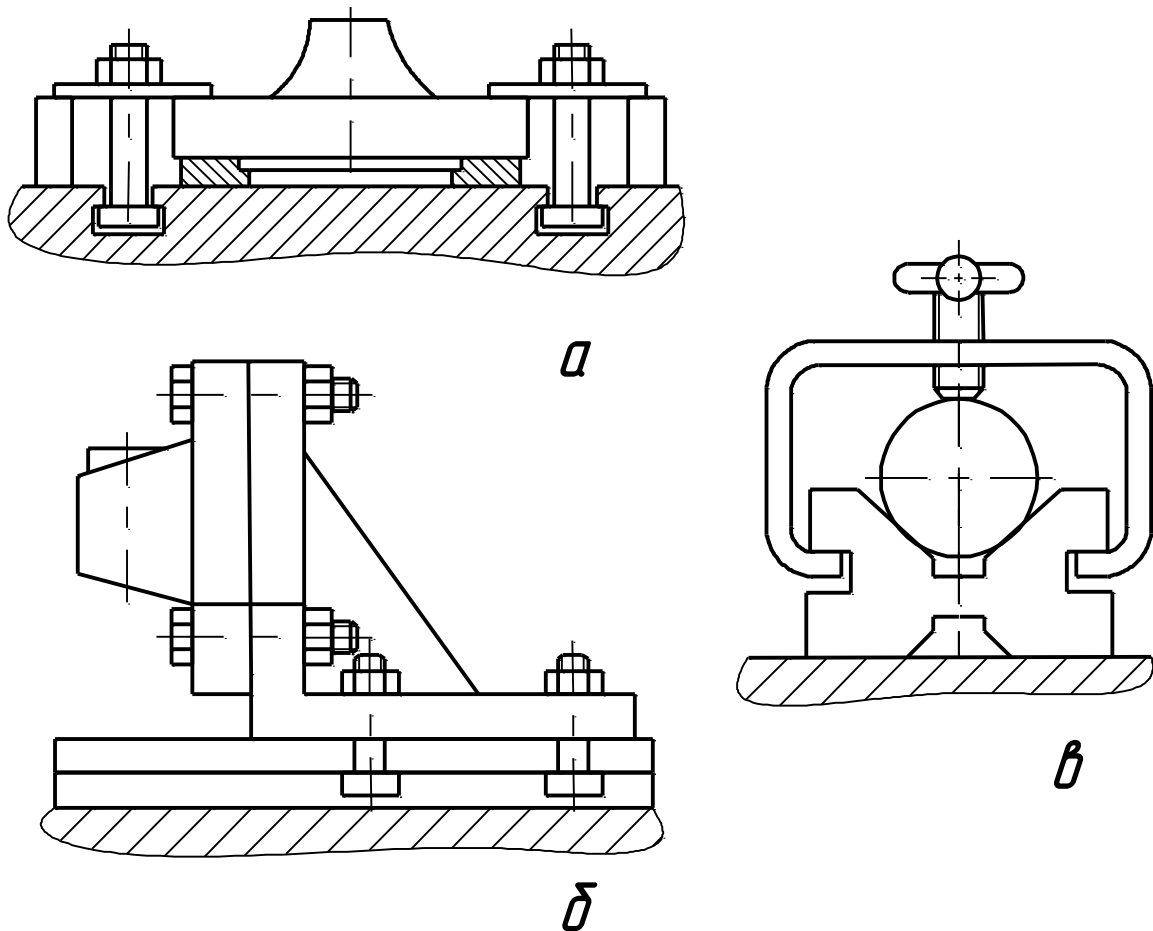


Рис. 3.12. Способи закріплення заготовок на свердлильних верстатах

Якщо необхідно обробити отвори, які співвісні з зовнішньою циліндричною базою, заготовку закріплюють вертикально у трьохкулачковому патроні, установленому на столі верстата. Координовані

отвори в умовах серійного виробництва свердлять при установці заготовок в кондукторах, а на верстатах з ЧПК – при установці заготовок у пристроях, які не мають направляючих кондукторних втулок.

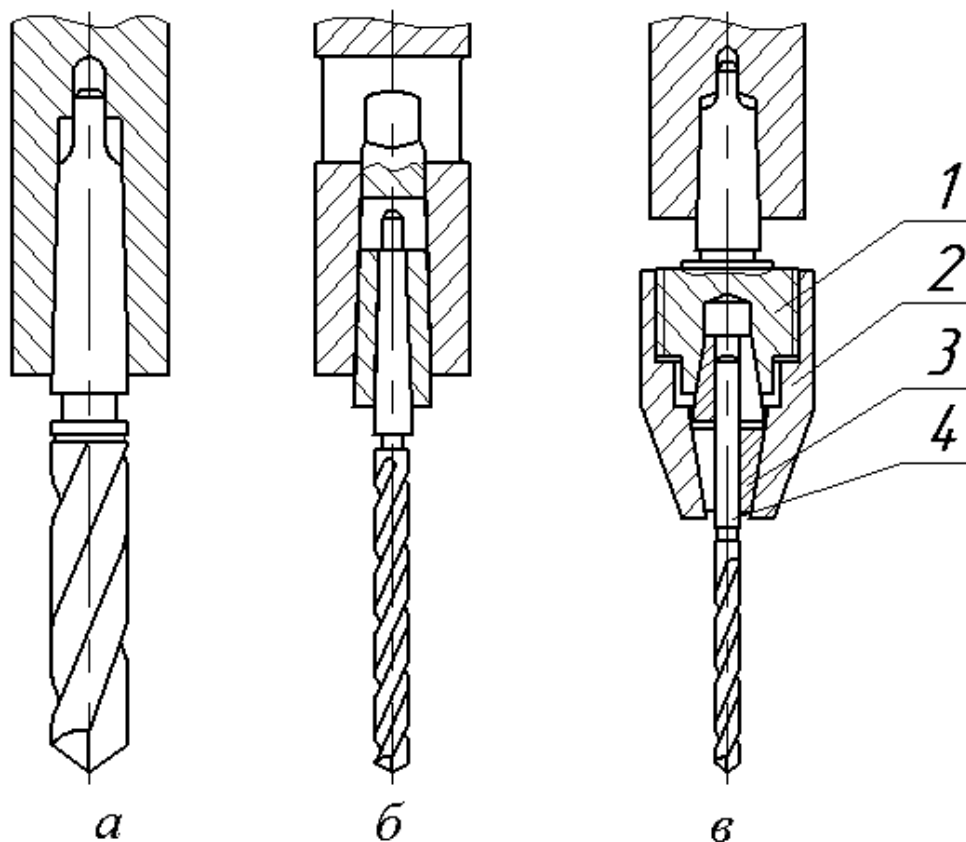


Рис. 3.13. Способи закріплення інструмента на свердильних верстатах

Різальний інструмент з конічним хвостовиком закріплюють безпосередньо в шпинделі свердильного верстата (рис. 3.13, а) або, якщо номери конусів не співпадають, – з використанням перехідних конічних втулок (рис. 3.13, б). Інструменти з циліндричним хвостовиком закріплюють у спеціальних свердильних патронах. (рис. 3.13, в). Для швидкої зміни інструмента застосовують спеціальні швидкозмінні патрони. На верстатах з ЧПК інструмент закріплюють у спеціальних оправках.

В даний час конструкція хвостовиків допоміжних інструментів для багатоопераційних верстатів з ЧПК регламентована. З цього стандарту дозволено застосовувати оправки з двома номерами конусів 40 і 50. Для спряження з автоматичною рукою дозволено використовувати тільки конічні поверхні 3 з кутом конуса 60° , виконані у вигляді кільцевої виточки на фланці оправки. На фланці прорізані два паза для спряження з торцевими шпонками шпинделя (рис. 3.14).

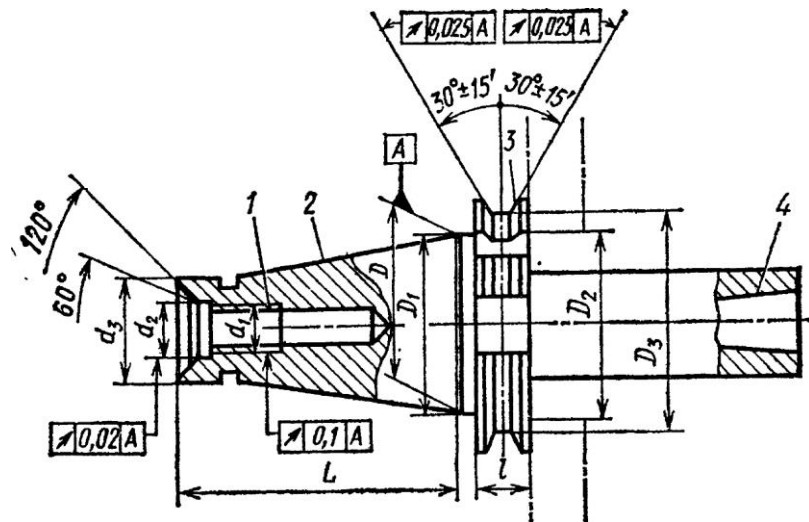


Рис. 3.14. Хвостовик базової оправки

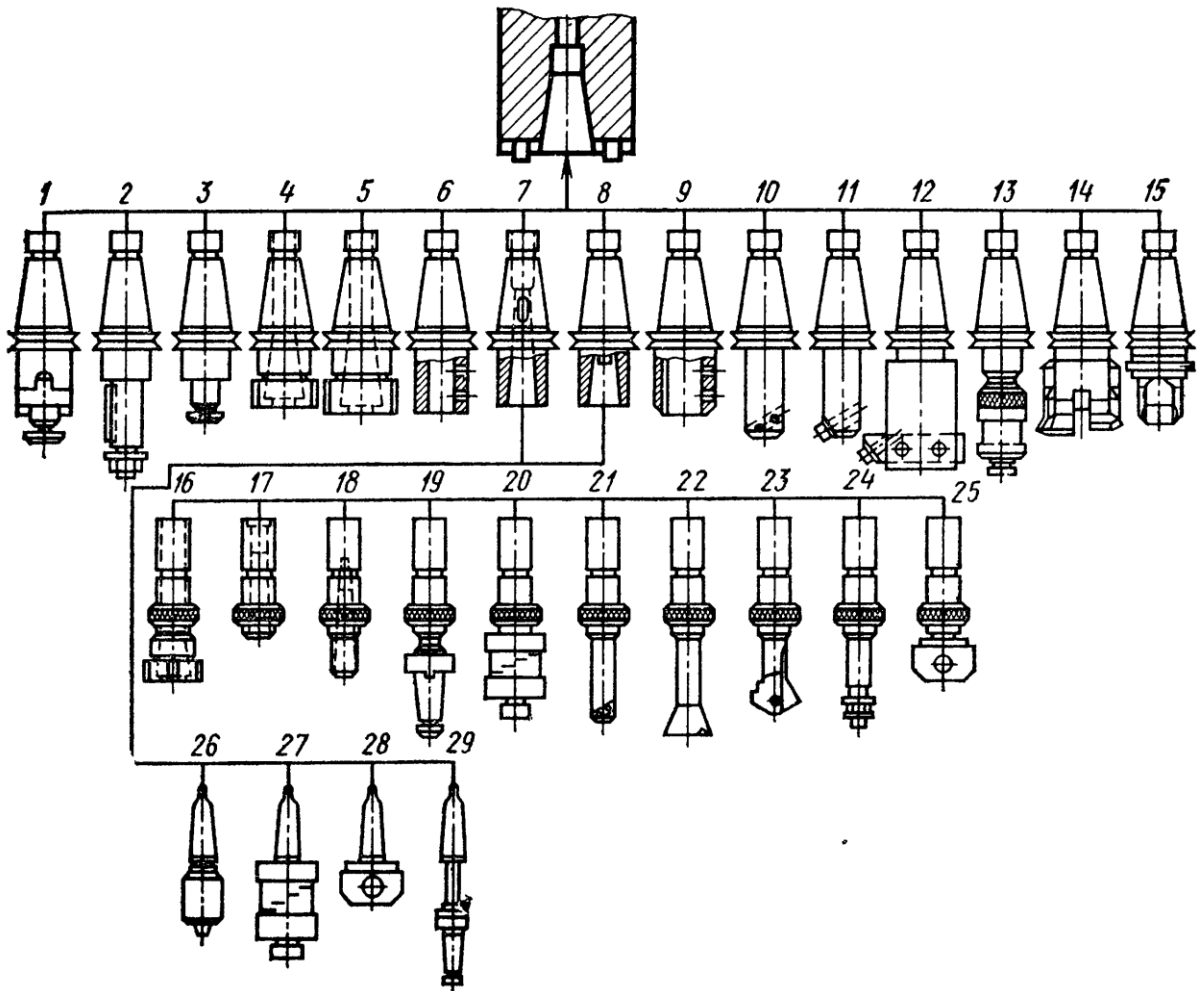


Рис. 3.15. Система допоміжного інструменту для верстатів з ЧПК, обробних центрів і ГВС, верстатів свердильно-розточний і фрезерної груп

На рис. 3.15 наведена система допоміжних інструментів, які використовуються на багатоопераційних верстатах.

Обмежена номенклатура допоміжних інструментів дозволяє закріплювати різноманітні ріжучі інструменти та перехідні оправки, втулки, патрони та ін.. Система інструментів може бути поширена також на верстати розточний і фрезерної груп.

3.3.3. Розточувальні верстати

Розточувальні верстати призначені для обробки точних отворів у крупних заготовках в умовах одиничного і серійного виробництва. На них можна свердлити, розточувати, зенкерувати і розвертати отвори, фрезерувати поверхні і пази, підрізувати торці різцями, нарізувати різьби мітчиками, різцями тощо. Це верстати великих технологічних можливостей.

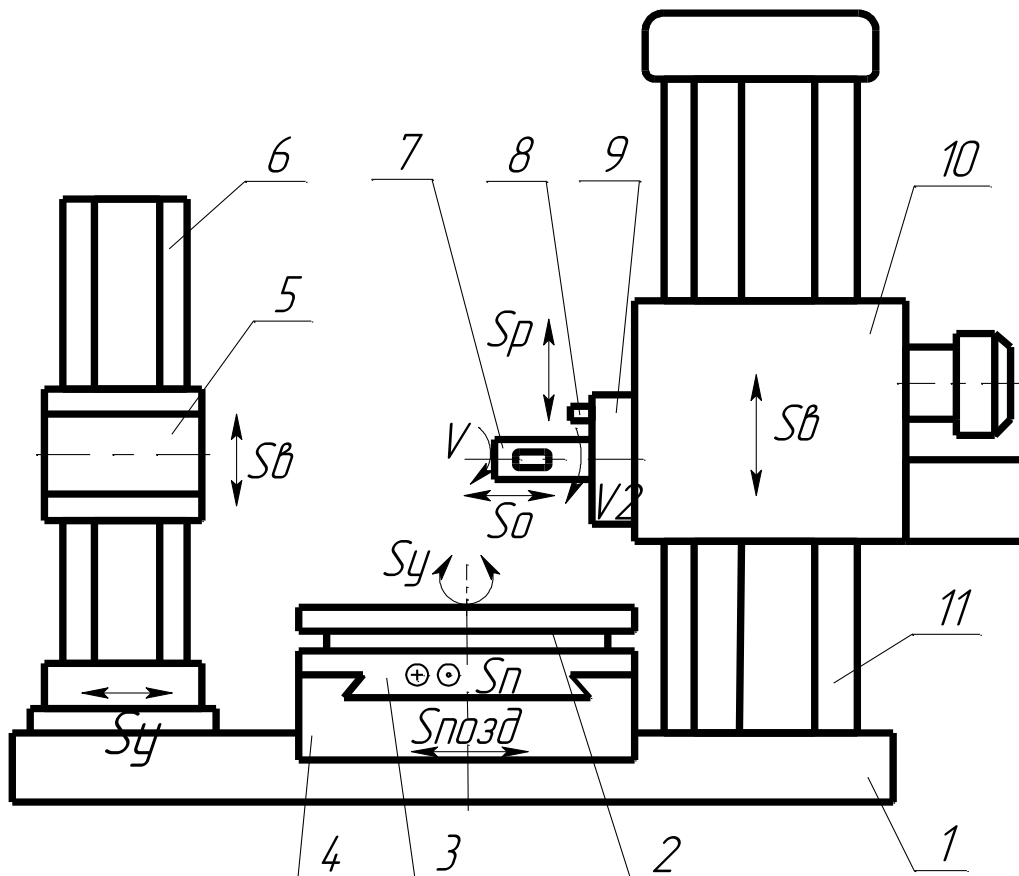


Рис. 3.16. Загальний вигляд горизонтально-розточувального верстата

Розточувальні верстати розділяють на горизонтально-розточувальні, координатно-розточувальні і алмазно-розточувальні. Основний параметр, який характеризує ці верстати, - діаметр розточувального шпинделя.

Найширше застосовують горизонтально-розточувальні верстати (рис. 3.16). На станині 1 нерухомо закріплений передній стаяк 11, по вертикальних направляючих якого переміщується шпindelна бабка 10 з шпindelем 7 і планшайбою 9. У радіальному пазі планшайби переміщується різцевий супорт 8, котрий призначений для підрізування торців, обточування коротких циліндричних поверхонь і прорізування канавок. Задній стаяк 6 з опорним люнетом 5 для довгих борштанг можна переміщувати вздовж горизонтальних направляючих верстата і фіксувати. Поворотна частина стола 2 з закріпленою на ній заготовкою виконує поздовжню і поперечну подачі (за допомогою поздовжніх 4 і поперечних 3 полозків) відносно шпинделя верстата.

Головний рух – обертання інструмента, який установлений в конічному отворі шпинделя V , $м/хв$ або на планшайбі – V_2 , $м/хв$. Рух подачі може виконувати як інструмент (осьове переміщення S_0 , $мм/об$ шпинделя, радіальне переміщення різцевого супорта S_p , $мм/об$, вертикальне переміщення S_v , $мм/об$ шпindelної бабки), так і заготовка (поздовжнє $S_{позд}$, $мм/об$ або поперечне S_n , $мм/об$ переміщення стола).

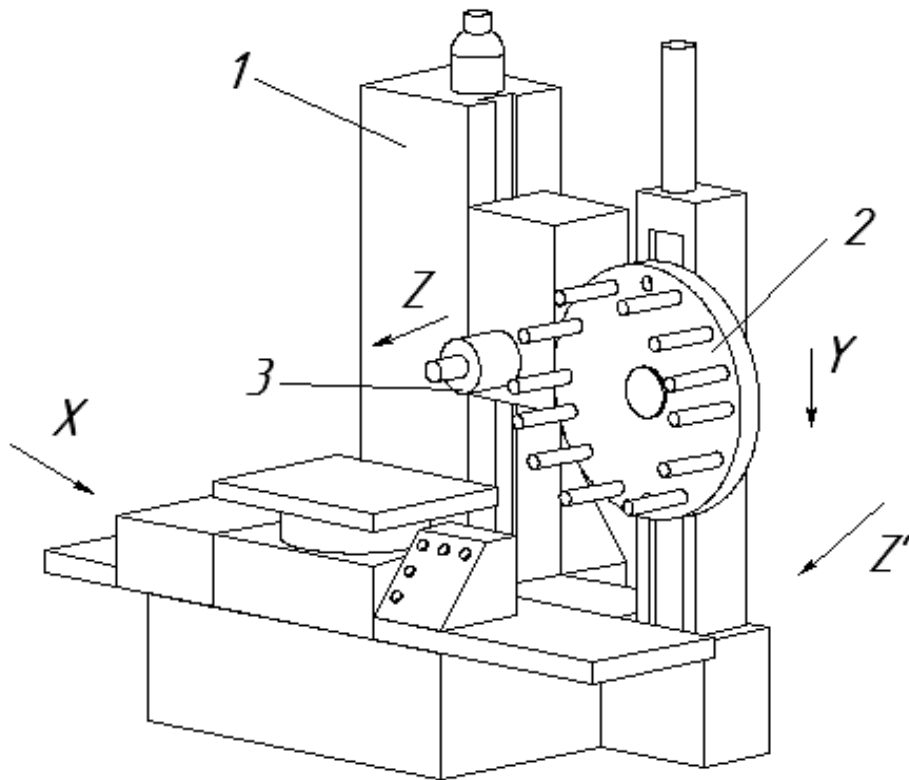


Рис. 3.17. Загальний вигляд горизонтально-розточувального верстата з ЧПК

Моделі верстатів: 2М615, 2Е656Р, 2459 та ін.

Заготовки встановлюють безпосередньо на столі верстата або в пристроях.

Горизонтально-розточувальні верстати з ЧПК (рис. 3.17) не мають люнетного стояка і оснащені більш жорсткою станиною 1, багатомісним інструментальним магазином 2 і мають горизонтальний шпиндель 3. Можливі і інші компоновки робочих органів верстатів, точність позиціонування яких знаходиться в межах 0,01...0,05 мм. Найчастіше їх оснащують позиційними системами ЧПК, але застосовують також контурні і комбіновані системи ЧПК.

Моделі горизонтально-розточувальних верстатів з ЧПК: 2620ВФ1, 2636Ф1, 2622ВФ1, 2А620Ф2-1, 2А622Ф2-1, 2636ГФ2, 2560Ф2, 2651Ф2 та ін.

3.4. Фрезерні верстати

3.4.1. Типи верстатів

Фрезерні верстати відносять до шостої групи і застосовують для обробки площин, пазів, уступів, фасонних поверхонь, різьб, гвинтових поверхонь, зубів зубчастих коліс тощо.

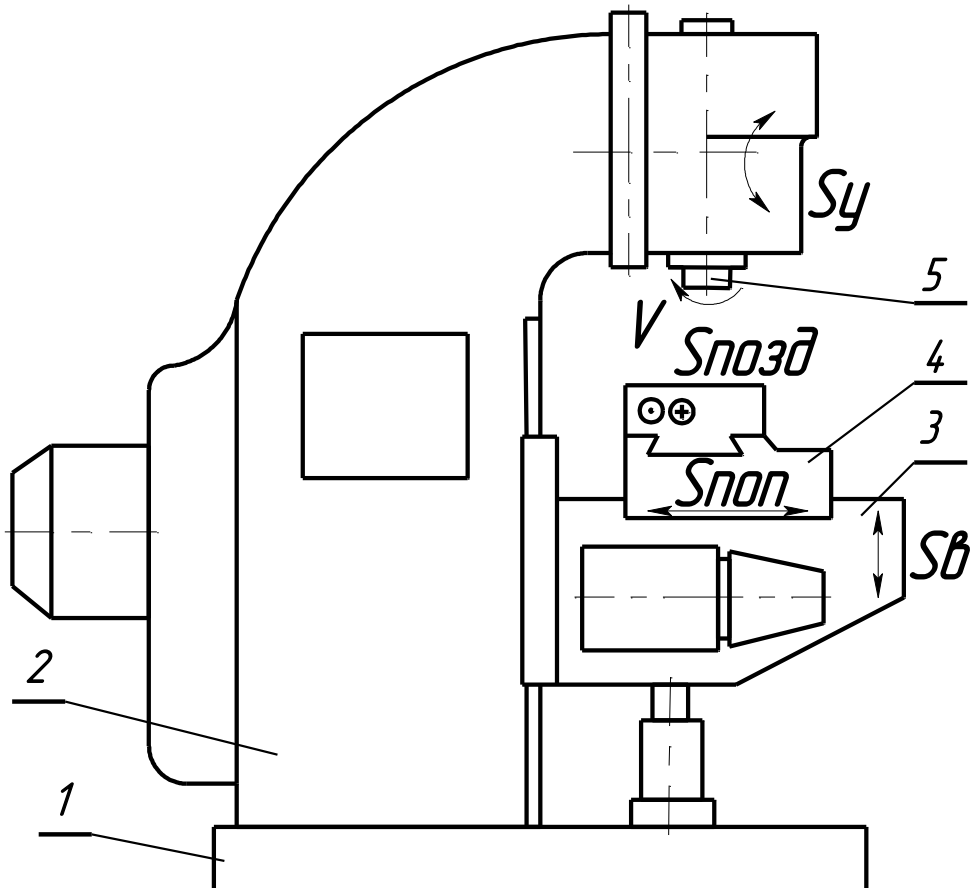


Рис. 3.18. Загальний вигляд вертикально-фрезерного верстата

У одиничному і серійному виробництвах найширше застосовують вертикально-фрезерні консольні, горизонтальні консольні, поздовжньо-фрезерні і фрезерні верстати безперервної дії.

Вертикально-фрезерні консольні верстати (рис. 3.18) мають фундаментну плиту 1, на якій установлена станина 2. По вертикальних напрямляючих станини переміщується консоль 3 з столом 4 (вертикальна подача). Стіл із заготовкою також виконує поздовжню і поперечну подачу в горизонтальній площині.

Головний рух – обертання шпинделя 5 з консольно закріпленою фрезою V , $m/xв.$ Рух подачі виконує стіл 4: S_o , $mm/xв.$ (S_o , $mm/об$; S_z , $mm/зуб$). Шпиндель має установочний поворот навколо горизонтальної осі.

Моделі: 6Т104, 6Р11, 6Р12, 6Р13 та ін.

У безконсольно-фрезерних верстатів вертикальну подачу виконує не стіл, а шпиндель.

Моделі: 6540, 6550, 6560, 6А56, 6059 та ін.

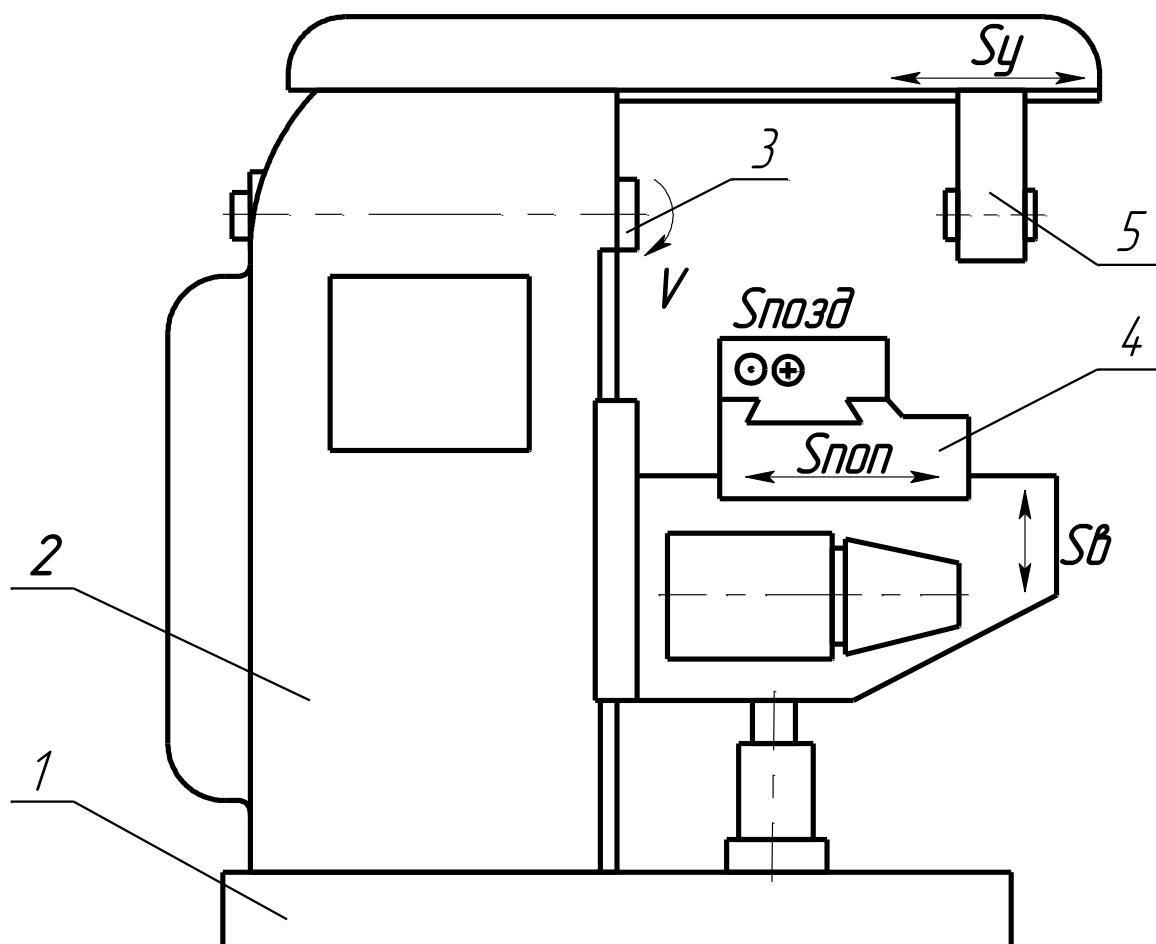


Рис. 3.19. Загальний вигляд горизонтально-фрезерного верстата

Горизонтально-фрезерні верстати (рис. 3.19) виготовляють тільки в консольному виконанні, тобто стіл 4 виконує поздовжню, поперечну і вертикальну подачі.

Торцеві і кінцеві фрези кріплять консольно у горизонтальному шпинделі 3. Циліндричні, дискові і фасонні фрези звичайно установлюють на оправках, один кінець яких входить в конічний отвір шпинделя верстата, а другий – підтримується люнетною втулкою 5.

Моделі горизонтально-фрезерних верстатів:

6P80, 6P81, 6P81Ш, 6P82Г, 6P82Ш, 6P83 та ін. (індекс Ш – широкоуніверсальний).

Поздовжньо-фрезерні верстати випускають:

одно- або двостоякові;

одно- і багатошпиндельні.

На них установлюють вертикальні і горизонтальні фрезерні головки, поворотні і неповоротні.

Головний рух – обертання шпинделів головок із фрезами. На довгому столі, який виконує тільки поздовжню подачу, установлюють заготовки і на них за один перехід можна оброблювати зразу декілька поверхонь, які паралельні до напрямку подачі стола.

Фрезерні головки мають подачу, яка перпендикулярна до переміщення стола. Крім того, шпинделі з фрезами допускають установочне переміщення фрез уздовж осі для налагодження на заданий розмір обробки та установку під кутом.

Моделі: 6У312 і 6У312 (з одним стояком); моделі: 6605, 6606, 6Г608, 6Г610, 6620, 6625 (з двома стояками).

У карусельно-фрезерних верстатів безперервної дії заготовки установлюють на столі, який обертається і виконує кругову подачу. Одна або дві послідовно установлені вертикально-фрезерні головки зрізають припуск з заготовок, які проходять під ними.

Моделі станків: 621М, 6А23, 6М23, 6М23В.

Сучасні фрезерні верстати з ЧПК звичайно мають револьверні головки на 5-6 інструментів, які працюють в автоматичному режимі. Їх компоновка аналогічна до компоновки верстата, показаного на рис. 2.11.

Випускають верстати трьох основних типів:

безконсольні з хрестовим столом (наприклад, 654Ф3, 6520Ф3, МА655Ф3 та ін.);

консольно-фрезерні (6P13Ф3, 6P13РФ3 та ін.);

поздовжньо-фрезерні (6304Ф3, 6305Ф4, 6М610Ф3 та ін.).

Верстати виконують з вертикальним розміщенням шпинделя для односторонньої і горизонтальним розміщенням – для багатосторонньої обробок. Їх звичайно оснащують контурними системами управління.

3.4.2. Види виконуваних робіт і кріплення інструмента

На фрезерних верстатах виконують наступні види обробок (рис. 3.20):

- а) площини циліндричною фрезою на горизонтально-фрезерному (ГФ) верстаті;
- б) площини торцевою фрезою на вертикально-фрезерному (ВФ) верстаті;
- в) вертикальної площини торцевою фрезою на ГФ верстаті;
- г) вертикальної площини кінцевою фрезою на ВФ верстаті;
- д) скосу на ВФ верстаті торцевою фрезою;
- е) скосу на ВФ верстаті кінцевою фрезою;
- ж) скосу кутовою фрезою на ГФ верстаті;
- з) комбінованої поверхні набором фрез на ГФ верстаті;
- и) пазу дисковою фрезою на ГФ верстаті;
- к) уступу кінцевою фрезою на ВФ верстаті (бажано уступи і пази обробляти дисковими фрезами, які допускають більші подачі і швидкості різання);
- л) фасонного пазу фасонною фрезою на ГФ верстаті;
- м) пазу типу “хвіст ластівки” кінцевою кутовою фрезою на ВФ верстаті;
- н) закритого шпонкового пазу кінцевою фрезою на ВФ верстаті;
- о) відкритого шпонкового пазу дисковою фрезою на ГФ верстаті;
- п) одночасно декількох поверхонь на поздовжньо-фрезерному верстаті.

Для кріплення заготовок на фрезерних верстатах застосовують універсальні і спеціальні пристрої. На верстатах загального призначення найчастіше застосовують наступні універсальні пристрої і кріпильні елементи: машинні лещата, прихвати, ступінчасті опори, призми, косинці, кріпильні болти (рис. 3.12).

Фрези кріплять безпосередньо до торця шпинделя або на оправках, які установлюють у кінчному отворі шпинделя.

Безпосередньо до торця шпинделя пригвинчують крупні торцеві фрези. Вони базуються за зовнішнім діаметром і торцем шпинделя, а крутний момент передається шпонками, які пригвинчені до торця шпинделя.

Циліндричні і дискові фрези установлюють на довгих оправках (рис. 3.21, а), один кінець яких кріпиться в шпинделі 3 горизонтально-фрезерного верстата, а другий – входить у люнетну втулку 7. Циліндричні і дискові фрези установлюють на довгих оправках (рис. 3.21, а), один кінець

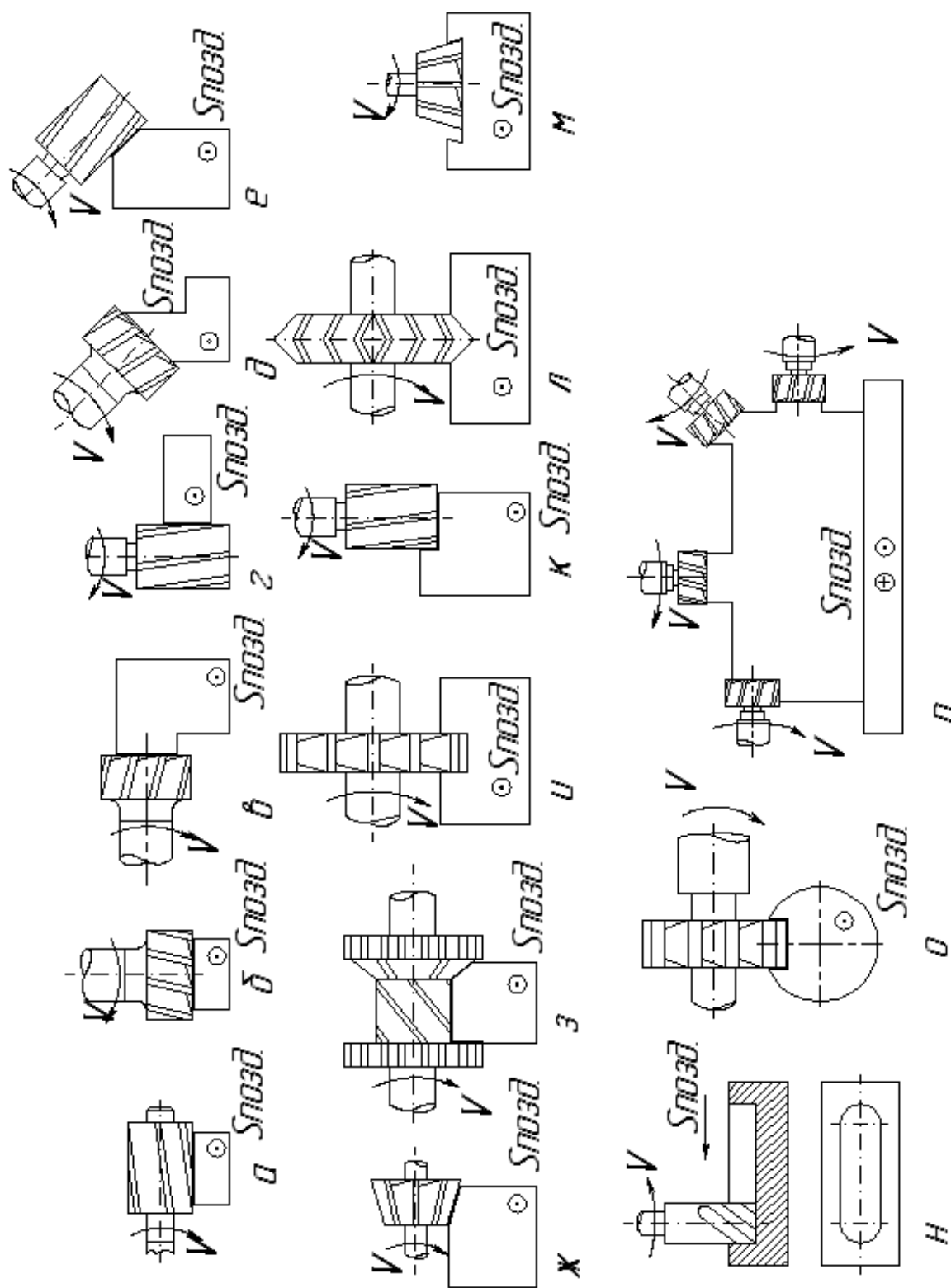


Рис. 3.20. Види обробок, виконуваних на фрезерних верстатах

яких кріпляться в шпинделі 3 горизонтально-фрезерного верстата, а другий – входить у люнетну втулку 7. Фрези 1, які установлені на оправці 10 і з'єднані з нею шпонкою 6, виставляють в осьовому напрямі за допомогою установочних кілець 2 і затягують гайкою 9. Конічним хвостовиком оправку установлюють у шпинделі верстата і закріплюють затяжним гвинтом 4. Від повороту в шпинделі верстата оправку утримують торцеві шпонки 5, які входять у пази шпинделя і оправки.

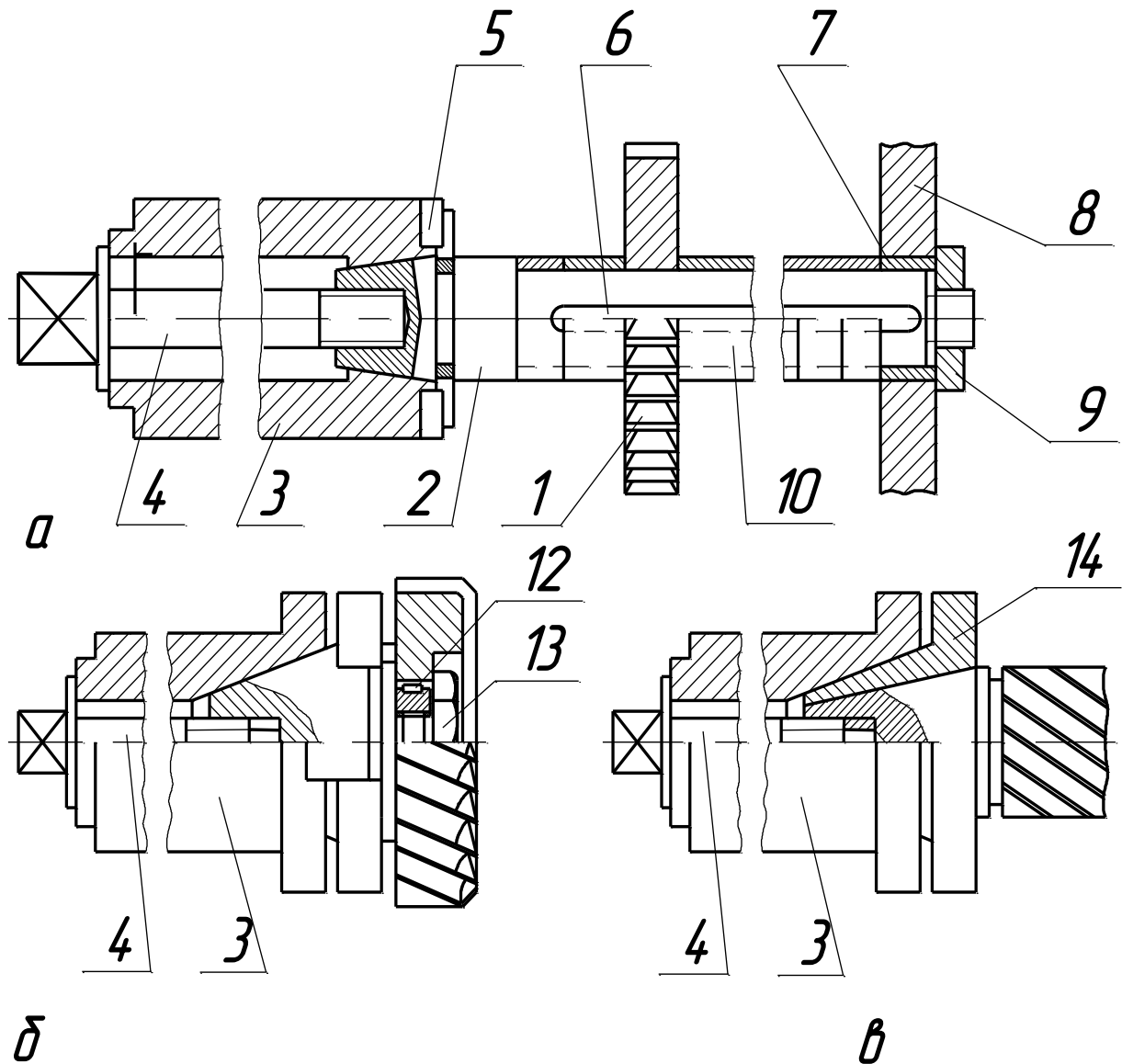


Рис. 3.21. Схеми кріплення інструмента на фрезерних верстатах

Для кріплення торцевих і дискових фрез застосовують також консольні оправки (рис. 3.21, б).

Кінцеві і шпонкові фрези з конічним хвостовиком закріплюють або безпосередньо в отворі шпинделя, або за допомогою перехідних втулок

Стругальні верстати розділяють на поперечно- і поздовжньо-стругальні. Суть процесу стругання в тому (рис. 3.22), що різцеві (або столу) надається прямолінійний поступально-зворотний рух різання з робочою швидкістю V , $м/хв$ і більш швидкий холостий рух. У кінці кожного холостого руху стіл з заготовкою (або різець) зміщується у поперечному напрямі на величину подачі S_n в мм на подвійний хід і процес різання відновлюється.

Поперечно-стругальний верстат (рис. 3.22) має фундаментну плиту 1 і станину 2 з направляючими 3, по яких може вертикально переміщуватися стіл 4 – S_y . ГРР виконує повзун 7 з різцем, який закріплений на відкидній плиті 5 різцевого супорта 6. Стіл 4 з заготовкою має поперечний рух подачі S_n , $мм/2х$.

Супорт з різцем має вертикальну ручну подачу S_b і, крім того, має установочний поворот S_y навколо горизонтальної осі, що дозволяє оброблювати поверхні під кутом. Хід повзуна поперечно-стругальних верстатів – до 1м і вони призначені для обробки невеликих і середніх заготовок.

Поздовжньо-стругальні верстати мають довгий стіл, на якому установлюють заготовки і він виконує ГРР. На траверсі та бокових стояках може бути встановлено до 4-х різцевих супортів, котрі виконують вертикальні і горизонтальні подачі. Довжина стола до 12 м, а ширина – до 4 м і вони призначені для обробки великих заготовок.

3.5.2. Інструмент і його кріплення

На стругальних верстатах застосовують різці, які за формою і геометрією різальної частини нічим не відрізняються від токарних різців.

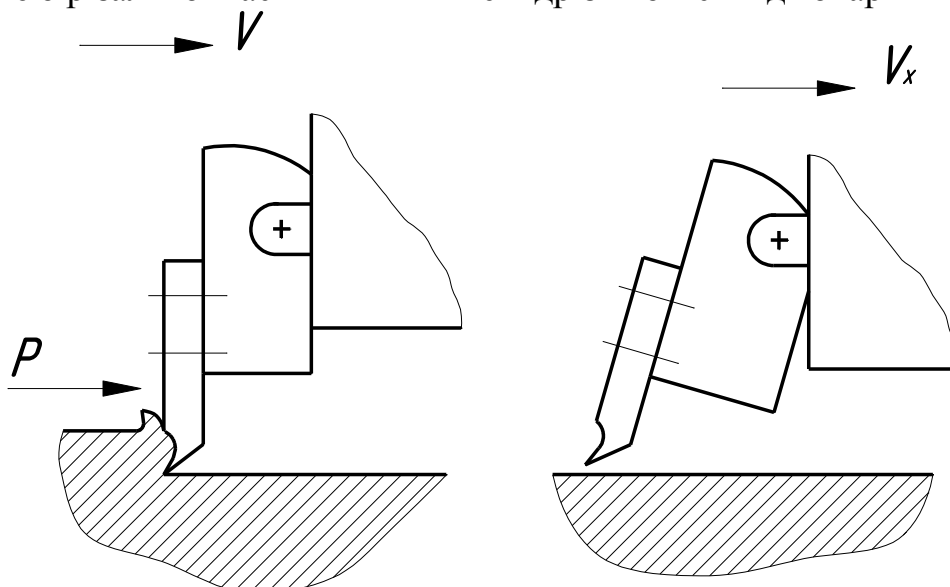


Рис. 3.23. Схема кріплення стругальних різців

Але вони відрізняються кріпленням і формою державки. Щоб при холостому ході задня поверхня різця не зношувалась при терті об оброблену поверхню, різець установлюють на відкидній плиті (рис. 3.23).

У сучасних моделях верстатів різець відводиться за допомогою електромагнітної муфти, вмонтованої в супорт.

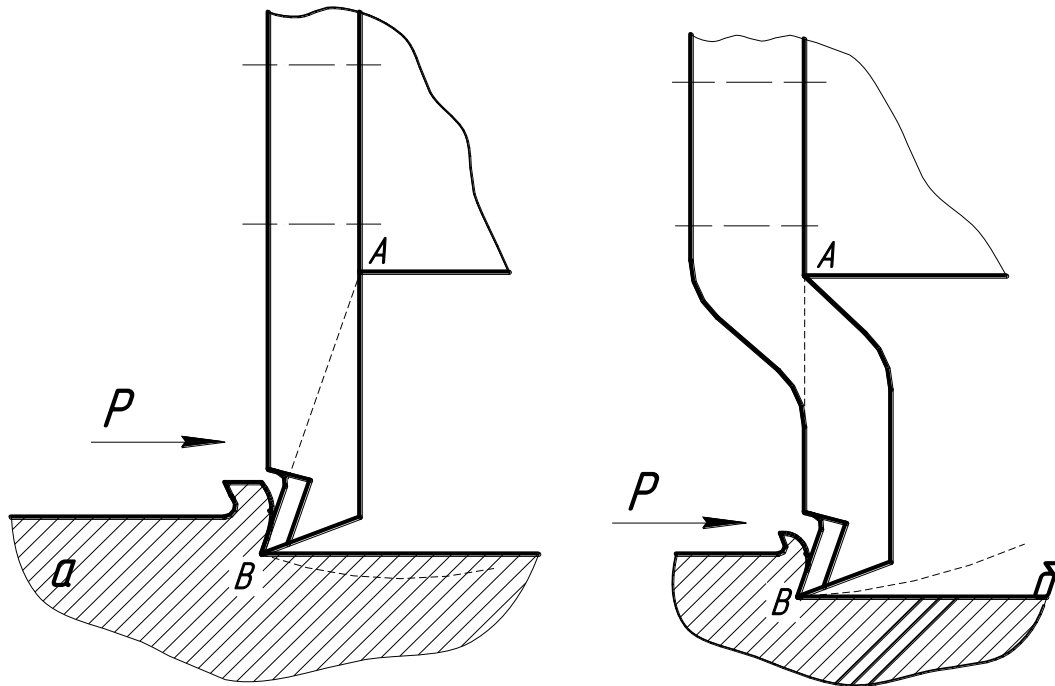


Рис. 3.24. Схеми форми державок стругальних різців

Якщо на стругальних верстатах застосовувати різці з прямими державками (рис. 3.24), то під дією сил різання вони можуть деформуватися і додатково врізатися в заготовку, викликаючи невиправний брак (а). При роботі відігнутим різцем (б) ця небезпека усувається.

3.5.3. Установка заготовок і види виконуваних робіт

На стругальних верстатах заготовки можна установлювати:

1. Безпосередньо на столі верстата - з вивірянням за розміткою і кріпленням прихватами, болтами, планками тощо.
2. При обробці малих і середніх заготовок - в універсальних пристроях – лещатах.
3. Рідко в спеціальних пристроях.

На стругальних і довбальних верстатах можна виконувати роботи, показані на рис. 3.25.

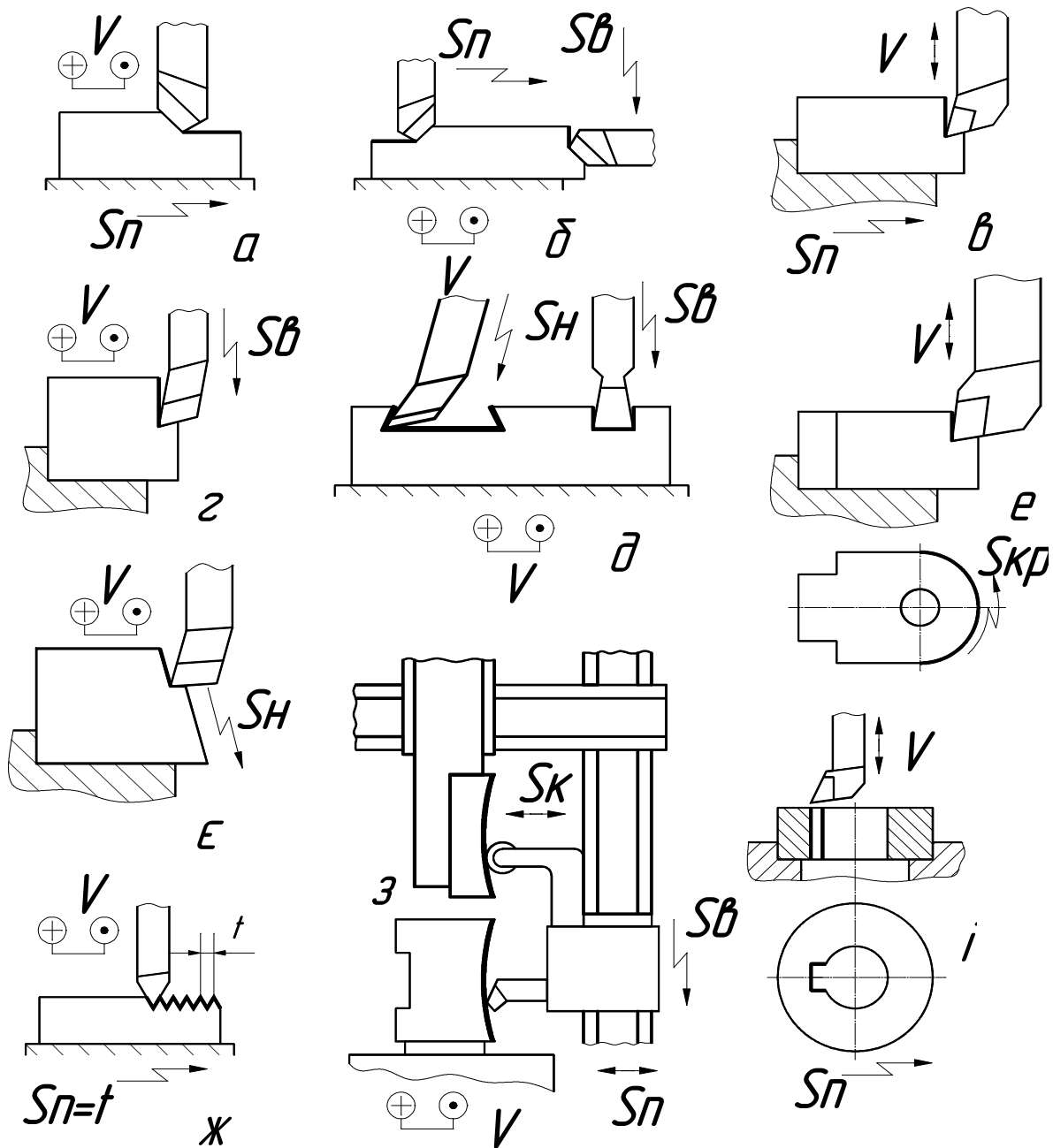


Рис. 3.25 Види робіт, які виконують на стругальних і довбальних верстатах

При цьому обробка виконується напрохід, або для виходу різця передбачають канавки, отвори тощо:

- а) обробка площини на поперечно-стругальному верстаті;
- б) обробка двох площин на поздовжньо-стругальному верстаті;
- в) обробка площини на довбальному верстаті;
- г) обробка уступа на поперечно-стругальному верстаті;
- д) обробка різних пазів на поздовжньо-стругальному верстаті;
- е) обробка циліндричної поверхні на довбальному верстаті;

- є) обробка нахиленої площини на поперечно-стругальному верстаті;
- ж) обробка пазів на поперечно-стругальному верстаті;
- з) обробка фасонних поверхонь на поздовжньо-стругальному верстаті;
- і) обробка шпонкового пазу на довбальному верстаті.

Струганням можна отримати поверхні 11-го і навіть 9-го квалітету точності з шорсткістю до R_a 0,63-0,32 мкм при струганні широким різцем, тобто можна замінити шабрування та шліфування.

Достоїнства стругання: простота верстатів, інструмента і схем обробки. Недоліки: низька продуктивність, тому що обробка ведеться переважно одним різцем і є холості ходи. Застосовують стругання в одиничному і серійному виробництві. Звичайно стругання намагаються замінити більш продуктивними способами обробки – фрезеруванням, поздовжнім протягуванням.

3.6. Багатоопераційні верстати

Це свердлильно-фрезерно-розточувальні верстати (їх ще називають “оброблюючі центри”, або “багатоцільові верстати”), які забезпечують виконання багатьох технологічних операцій при виготовленні складних деталей і обробку з різних боків без їх перебазування. Їх розділяють на верстати для виготовлення корпусних деталей і деталей типу тіл обертання (другі менше розповсюджені).

На верстатах для виготовлення корпусних деталей можна свердлити, розточувати, зенкерувати і розверстати отвори, нарізувати різьби, фрезерувати плоскі поверхні, складні фасонні і виконувати обробку за контуром. На найновіших моделях можна виконувати шліфувальні і протяжні роботи.

Розрізняють верстати з вертикальною і горизонтальною компоновками.

Вертикальні оброблюючі центри мають шпиндель з вертикальною віссю обертання і призначені для обробки заготовок з одного боку. Їх виконують за типом:

- 1) вертикального консольно-фрезерного верстата;
- 2) безконсольного вертикально-фрезерного верстата або координатно-розточувального з одним стояком;
- 3) поздовжньо-фрезерного або координатно-розточувального з двома стояками верстата. Модель 2254 ВМФ4.

Ширше застосовують горизонтальні оброблюючі центри, які призначені для обробки заготовок з двох, чотирьох, а іноді і з п’яти боків. Їх виконують за типом горизонтальних консольно-фрезерних або

горизонтально-розточувальних верстатів.

На цих верстатах заготовки установлюють вручну. Для скорочення часу установки заготовок і знімання готових деталей застосовують двопозиційні столи 1, обладнання для автоматичної зміни пристроїв – супутники, маятникові столи, які працюють по чергово тощо.

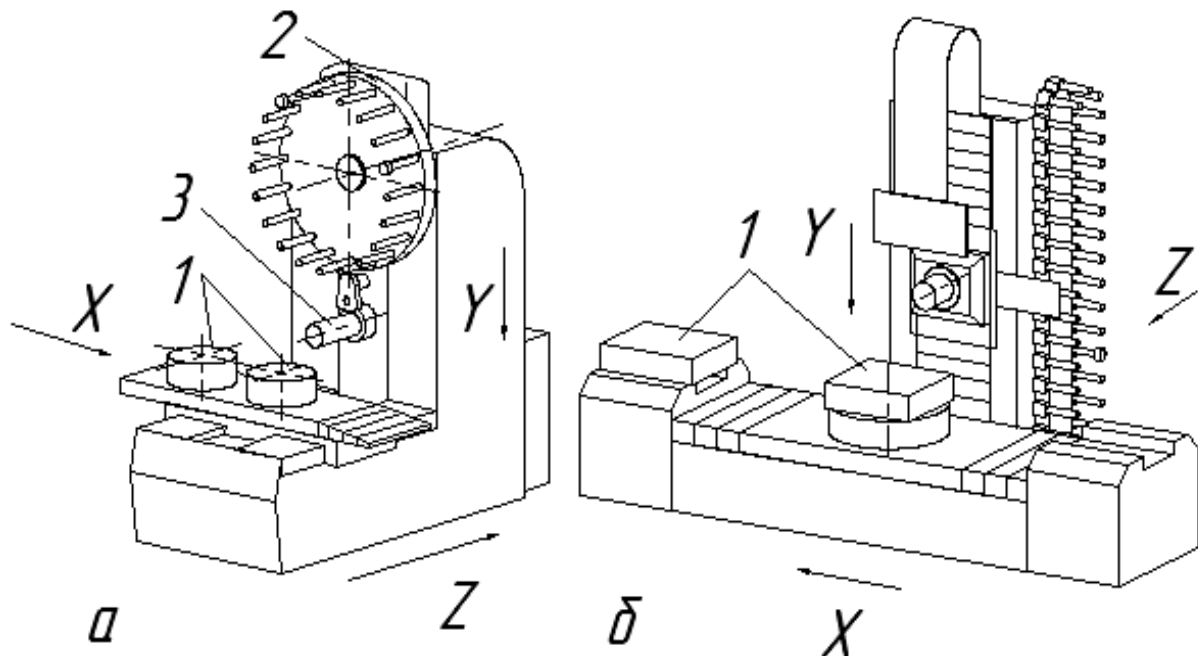


Рис. 3.26. Загальний вигляд оброблюючих центрів з ЧПК:

а) з дисковим магазином для інструмента; б) з ланцюговим магазином для інструмента

Головний рух – обертання шпинделя 3 з інструментом. Верстати, які оснащені багатомісними дисковими (рис. 3.26, а) або ланцюговими (рис. 3.26, б) магазинами з інструментами 2 ємністю 30-50, у деяких верстатів - до 150 інструментів.

Усі робочі і допоміжні рухи, поворот стола, зміна інструмента і його підналагоджування виконуються автоматично за програмою. Ці верстати оснащуються переважно універсальними контурно-позиційними системами ЧПК.

Верстати забезпечують виконання попередніх і фінішних операцій, тому їх виготовляють П і В класів точності.

При оснащенні роботом і магазином або тактовим столом для заготовок вони утворюють автономний, який автоматично працює, робототехнічний модуль, котрий легко вмонтовується в гнучкі виробничі системи.

Моделі верстатів: 6904ВМФ2, 6906ВМФ2, 2204ВМФ4, ІР320ПМФ4, ІР500МФ4, 2623ПМФ4, 2254ВМФ4 та ін.

3.7. Гнучке автоматичне виробництво

В усіх промислово розвинених країнах світу автоматизація механічної обробки деталей в машинобудуванні здійснюється за рахунок постійно розширюваного використання обладнання з ЧПК і створення на його основі гнучких виробничих систем (ГВС), які управляються електронно-обчислювальними машинами (ЕОМ).

Ця нова концепція механоскладального виробництва дозволяє в межах технологічних можливостей використовуваного обладнання обробляти широкі по номенклатурі групи деталей будь-якими партіями, в будь-який, необхідний для складання час для збірки. При цьому підготовчі роботи і, при необхідності, переналагодження, поєднуються у часі з функціонуванням системи.

Завдяки цій концепції стає можливим використання ГВС в одиничному, серійному і масовому виробництвах.

Експлуатація найбільш досконалих ГВС показує, що при роботі в три зміни обсяг виробництва за цей час зростає до 5 разів, а кількість обслуговуючого персоналу скорочується в 2-3 рази.

ГВС можна класифікувати за такими ознаками: організаційному; комплексності виготовлення виробів; виду обробки; різновиду оброблюваних виробів; рівнем автоматизації.

За організаційною ознакою ГВС поділяють на гнучку автоматизовану лінію (ГАЛ), гнучку автоматизовану ділянку (Г АД) і гнучкий автоматизований цех (ГАЦ). Отже, верхнім рівнем ГВС є ГАЦ.

До складу ГАЦ можуть входити ГАЛ, Г АД, роботизовані технологічні лінії і ділянки, окреме технологічне обладнання (гнучкі виробничі модулі - ГВМ, окремі верстати з ЧПК та ін.).

Гнучкий виробничий модуль (ГВМ) є основною складовою частиною ГВС. Крім функцій обробки деталей ГВМ виконує в автоматичному режимі накопичення заготовок, завантаження заготовок в зону різання, вивантаження оброблених деталей, частковий або повний контроль точності обробки та інші допоміжні операції.

Гнучкий переналагоджуваний свердлильно-фрезерно-розточний модуль МА2765МЗФ4 з ЧПК (рис. 3.27) має багатошпindelні коробки і складається з багатоцільового верстата 6, систем автоматичної зміни многошпindelних коробок і оброблюваних деталей, системи управління.

Багатоцільовий верстат [15] включає привід головного руху 13, поперечно-рухомий поворотний стіл 15, огорожу кабінетного типу 16, систему підготовки мастильно-охолоджувальної рідини (МОР), пристрій для видалення стружки 2 із зони різання, станцію мастила і насосну станцію гідрообладнання 8.

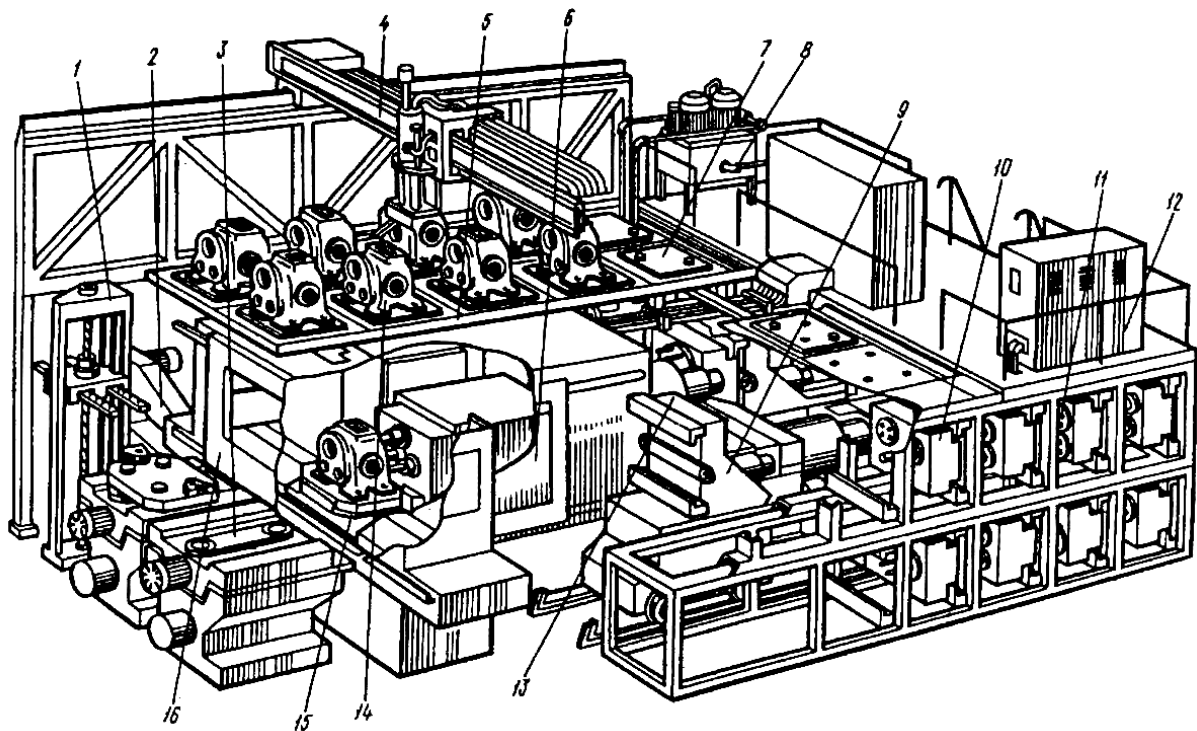


Рис. 3.27. Переналагоджуваний ГВМ мод. МА2765МЗФ4 з магазином багатощпіндельних головок:

1 – підйомник-укладальник, 2 - пристрій для видалення стружки, 3 - станцію завантаження і затиску, 4 - маніпулятор, 5 - склад, 6 – верстат з ЧПК, 7 - столи-супутники, 8 - насосна станція гідрообладнання, 9 – автооператор, 10 – коробки, 11 – склад, 12 – система ЧПК, 13 - привід головного руху, 14 – оброблювані деталі, 15 - поперечно-рухомий поворотний стіл, 16 - огорожа кабінетного типу

Система автоматичної зміни багатощпіндельних коробок складається з складу 11, де зберігаються коробки 10, і автооператора 9, що виконує їх зміну.

Система автоматичної зміни оброблених деталей включає двопозиційну станцію завантаження і затиску 3 оброблених деталей, підйомник-укладальник 1, що подає за допомогою маніпулятора 4 оброблених деталей 14 зі складу 5 на станцію завантаження. На складі крім деталей є столи-супутники 7 з пристосуваннями для установки і закріплення деталей.

Управління модулем здійснюється від системи ЧПУ 12. Модуль служить для багатоопераційної обробки за програмою групи деталей типу корпусів з чорних і кольорових металів і використовується як індивідуально, так і в складі ГВС. Система автоматичної зміни багатощпіндельних коробок складається з складу 11, де зберігаються коробки 10, і автооператора 9, що виконує їх зміну.

Деталі обробляються інструментами, закріпленими в багатощпіндельних коробках.

Для переналагоджування модуля необхідно замінити затискні пристрої, багатошпindelні коробки з інструментами і технологічні програми обробки партії нових деталей; останні вводяться в ЧПУ або з пульта управління модулем, або шляхом заміни програмоносія [15, с. 8-34].

Для автоматизації великосерійного і масового виробництва створюються гнучкі автоматичні лінії (ГАЛ), в яких закладені умови ефективного використання обладнання на основі поточного методу виготовлення продукції за схемою верстат-верстат, високої концентрації операцій, високопродуктивних режимах різання і т.д.

Властивості гнучкості в ГАЛ забезпечуються застосуванням переналагоджуваного обладнання і систем управління на базі засобів обчислювальної техніки. Характерним прикладом ГАЛ може служити гнучка автоматична лінія обробки в будь-якій послідовності заготовок зубчастих коліс двох типорозмірів (рис. 3.28) [16].

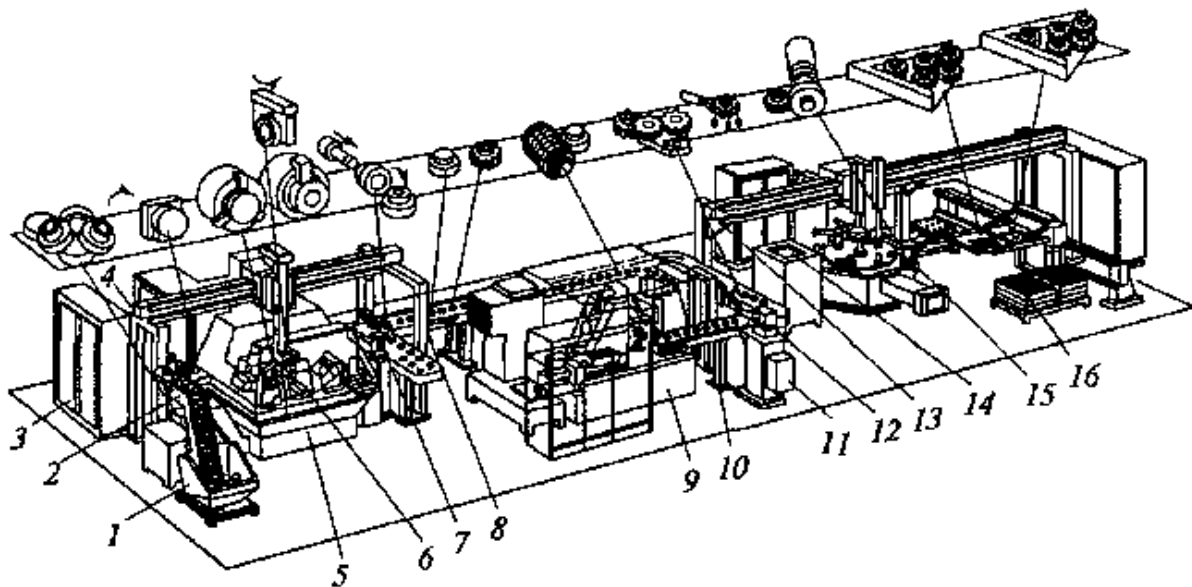


Рис. 3.28. ГАЛ для обробки зубчастих коліс:

1 -бункер з заготовками, 2 - елеватор, 3 - шафа системи управління, 4 - промисловий робот, 5 - токарний автомат, 6 - поворотний пристрій, 7 - контрольна позиція, 8 - транспортер-накопичувач, 9 - зубофрезерний верстат з ЧПК, 10 - транспортно-завантажувальна система, 11 - пристрій для контролю нарізаних зубів, 12 - автооператор, 13 - промисловий робот, 14 - мийна машина, 15 - верстат для зняття фасок, 16 -спеціальна тара

Заготовки кожного типу завантажуються в бункер 1 і з нього елеватором 2 в орієнтованому положенні подаються на фіксовану позицію, з якої промисловим роботом 4 встановлюються в патрон токарного автомата 5. Система управління ГАЛ змонтована в шафі 3. Між першим і другим шпindelями токарного автомата розміщено поворотний пристрій

6, якій розгортає заготовку на 180° для обробки її з іншого боку. Після повної токарної обробки внутрішня поверхня заготовки контролюється на позиції 7, і при необхідності дається команда на підналадку інструменту. Потім робот укладає деталі на проміжний транспортер-накопичувач.

Зуб'я нарізаються на зубофрезерному верстаті 9 з ЧПК. На транспортно-завантажувальній системі 10 верстата установлюють пристрій 11 для контролю нарізаних зуб'їв. Заготовки на контрольний пристрій подаються автооператором 12. Потім промисловий робот 13 подає заготовки в мийну машину 14, а звідти на верстат для зняття фасок 15. Після обробки робот 13 роздільно укладає шестерні в спеціальну тару 16 для подальшого транспортування.

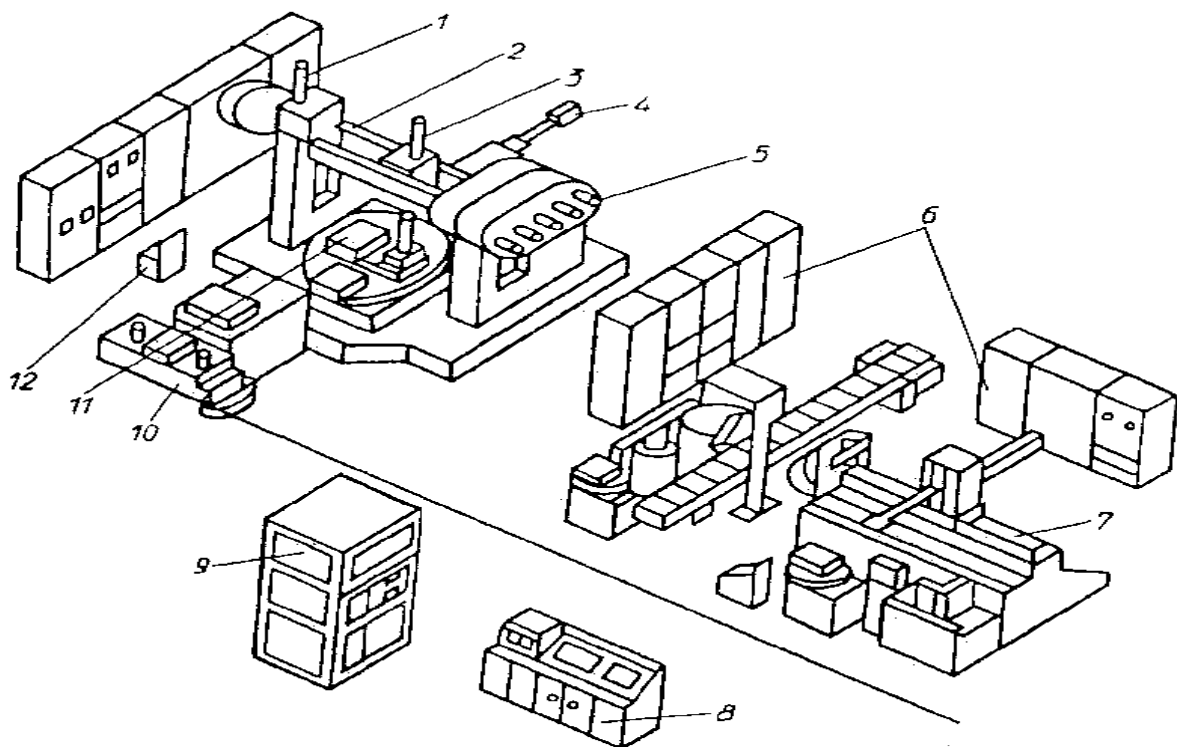


Рис. 3.29. Гнучка складальна дільниця:

1, 3, 4 – вертикально і горизонтально розміщені роботи, 2 – гнучка складальна машина, 5 – інструментальний магазин, 6 – стояки, 7 - склад покупних виробів, 8 – головний пульт керування і монітор, 9 – склад касет, 10 – автоматичний транспортний візок, 11 – поворотний стіл складальної машини, 12 - касети

Управління гнучкими виробничими системами складального виробництва ГВСсв (рис. 3.29) проводиться автоматизованими системами управління складального виробництва АСУсв, яка отримує команди від АСУВ. Управління гнучким технологічним комплексом складального виробництва ГТКсв, об'єднуючим три гнучких автоматизованих центрів складання ГАЦс, здійснюється системою управління ГТКсв. Управління кожним ГАЦс проводиться відповідною системою управління ГТКсв.

ГАЦс складається з двох гнучких автоматизованих ділянок складання ГАДс, а ділянку ГАДс - з двох гнучких автоматизованих ліній складання ГАЛс. Управління ділянками здійснюється відповідними системами управління ГТКсу, а лініями ГТКсл.

Подача складених компонентів (деталей, комплектуючих виробів, вузлів) і оснащення (інструменту, пристосувань) спочатку здійснюється в зовнішню систему транспортування, де вони переміщуються транспортними роботами. З системи транспортування 6 компоненти що складаються і оснащення подаються або на автоматизовані склади цехів і діляниць, а потім на внутрішню систему транспортування цеху (ділянки), або відразу на внутрішню систему транспортування цеху (ділянки).

З останньої системи що складаються і оснащення надходять на транспортні системи ГАЛ-1, ГАЛ-2 і т.д. З транспортних систем ліній і комплекти що складаються і оснащення можуть передаватися будь-які комірки складання і повертатися назад за допомогою міжопераційних систем транспортування.

При цьому зібраний (складений) об'єкт (вузол, виріб) після проходження всіх або частини складальних центрів (СЦ) лінії ГАЛс-1 може бути переданий за допомогою наступних систем: міжопераційної системи транспортування на ГАЛс-2 для проходження збірки, а потім на ГАЛс -3 і т.д.; внутрішньої системи транспортування на будь-який ГАД з лінію ГАЛс-1 системи 6 на будь-яку ділянку або лінію ГАЦс-2 або ГАЦс-3 або в інше спеціалізоване виробництво.

3.8. Шліфувальні верстати

Шліфувальні верстати в основному застосовують для остаточної (фінішної) обробки поверхонь деталей з метою зниження шорсткості і підвищення точності. На них шліфують заготовки, попередньо оброблені на інших типах верстатів (токарних, фрезерних та ін.). У теперішній час шліфувальні верстати застосовують також і для обробки попередньо необроблених заготовок.

На шліфувальних верстатах виконують такі операції:

- обдирну, розрізування і відрізування заготовок;
- точну обробку площин, поверхонь обертання, різьбових поверхонь, зубів зубчастих коліс тощо.

Різні види шліфування забезпечують наступну точність і шорсткість обробленої поверхні:

- чорнове – 8-9-й квалітети точності, R_a 5 мкм;
- чистове – 6-7-й квалітети точності, R_a 1,25...0,32 мкм;
- тонке – 5-й квалітет точності, R_a 0,32...0,04 мкм.

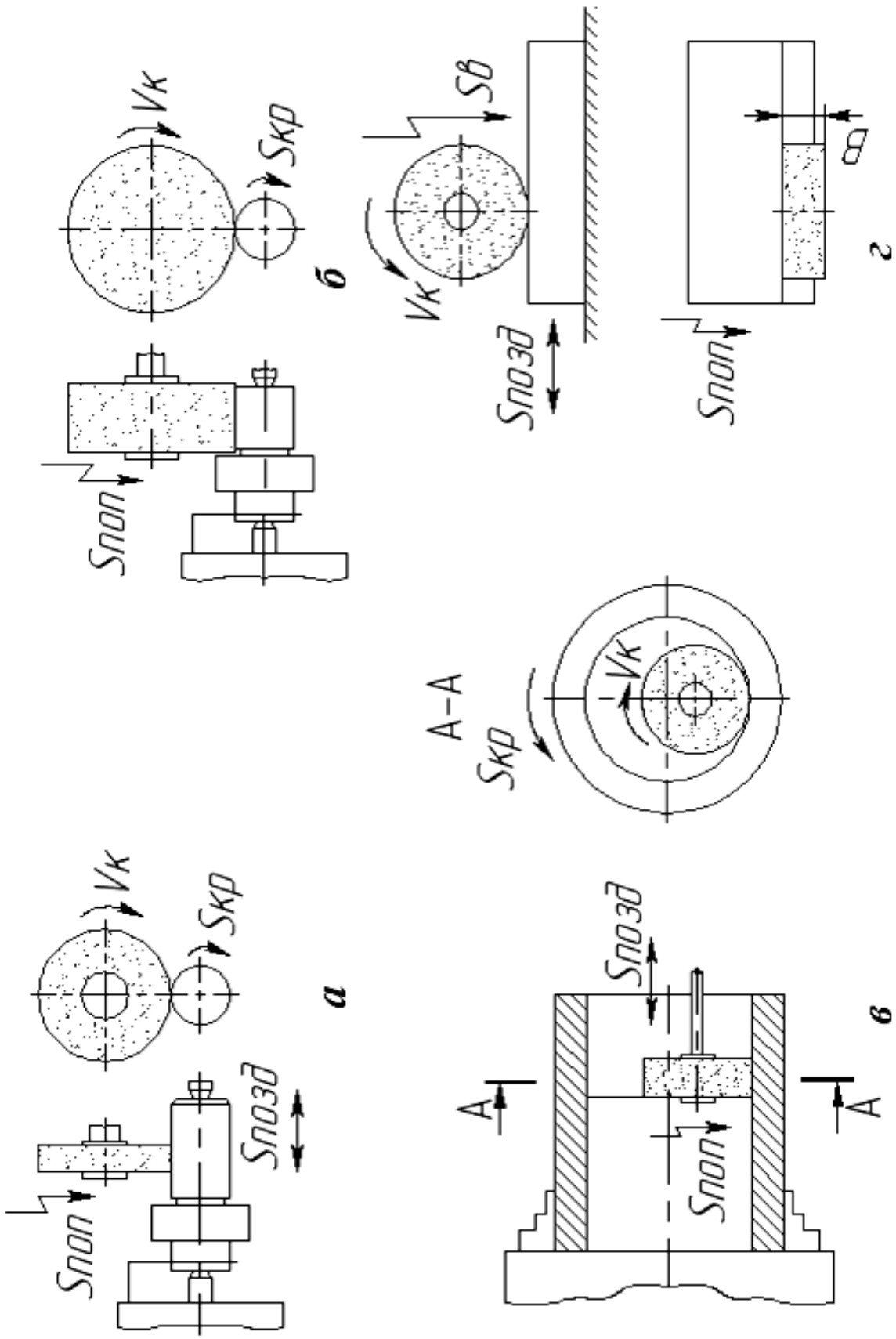


Рис. 3.30. Схеми обробки заготовок на шліфувальних верстатах

У групу шліфувальних, поряд з іншими, входять верстати загального призначення і спеціалізовані.

До спеціалізованих верстатів відносять: різьбо- і зубошліфувальні, шліфшліфувальні, копіювально-шліфувальні, верстати для шліфування колінчастих валів, кілець підшипників та інші.

Верстати загального призначення підрозділяють на наступні типи:

- круглошліфувальні (мод. 31...);
- внутрішньошліфувальні (мод. 32...);
- плоскошліфувальні (мод. 37...);
- безцентрово-шліфувальні (мод. 318... або 34...).

На верстатах шліфувальної групи виконуються наступні формоутворюючі рухи: обертання абразивного круга (головний рух різання $V, м/с$); рухи подачі, які виконуються заготовкою або абразивним кругом.

Круглошліфувальні верстати призначені для обробки зовнішніх циліндричних і конічних поверхонь обертання. Шліфування на таких верстатах може виконуватись з поздовжньою (рис. 3.27, а) або поперечною (рис. 3.27, б) подачею (врізне).

При шліфуванні з поздовжньою подачею абразивний круг обертається з швидкістю $V \leq 35...40 м/с$ (головний рух), а також періодично (після кожного подвійного ходу стола з заготовкою) виконується рух поперечної подачі $S_{п}, мм/подв. хід (мм/2х)$, яка необхідна для врізання круга на глибину різання h .

Заготовка, яка обертається в процесі обробки, виконує кругову подачу $S_{кр}, м/хв$, і поздовжню подачу $S_{позд}, мм/об.загот.$ за рахунок поступально-зворотного руху стола з заготовкою. Величину $S_{позд}$ призначають в долях ширини круга або міліметрах за один оберт заготовки.

Шліфування з поздовжньою подачею застосовують для обробки відносно довгих поверхонь. Для обробки коротких поверхонь жорстких заготовок, коли ширина шліфованої ділянки менша від ширини круга, застосовують врізне шліфування (рис. 3.27, б). У цьому випадку обертальний рух заготовки – кругова подача $S_{кр}, м/хв$, а круг виконує два рухи – головний рух $V_{к}, м/с$ і поперечну подачу $S_{п}, мм/об. заг.$, яка припиняється після досягнення необхідного розміру.

При обробці на круглошліфувальних верстатах заготовка кріпиться, як правило, в центрах, які не обертаються (рис. 3.27, а, б), а їх обертання забезпечується за рахунок повідкового пристрою (поводок і хомутик), котрий приводиться в рух шайбою, що обертається.

Моделі круглошліфувальних верстатів: 3У10В, 3А110В, 3М150, 3М153А, 3Т153Е та інші.

Внутрішньошліфувальні верстати застосовують для точної обробки наскрізних і глухих, циліндричних і конічних отворів у заготовках.

Головний рух (рис. 3.27, в) – обертання круга, m/c , який також виконує поздовжній поступально-зворотній рух подачі S_{noz} (визначається в міліметрах або долях ширини круга на оберт заготовки) і періодичну поперечну подачу S_n , $mm/подв. хід$.

Кругова подача $S_{кр}$, $m/хв$, забезпечується за рахунок обертання заготовки.

На внутрішньошліфувальних верстатах заготовки установлюють у трьох- і чотирьохкулачкових патронах, а також у спеціальних пристроях.

Недоліком процесу внутрішнього шліфування є низька продуктивність і необхідність забезпечення великої частоти обертання (десятки і навіть значно більше тисяч обертів за хвилину) круга при обробці отворів малого діаметра.

Моделі внутрішньошліфувальних верстатів: 3К225В, 3К227А, 3К228В, 3К229В та інші.

Плоскошліфувальні верстати застосовують для обробки точних, з малою шорсткістю, плоских поверхонь.

Головним рухом (рис. 3.27, г) є обертання круга V_k , m/c , крім того круг має вертикальну подачу S_g , яка визначає глибину різання h .

Заготовка, яка установлена на столі верстата, виконує поступально-зворотню поздовжню подачу S_{noz} , $m/хв$.

Поперечна подача S_n , в міліметрах або долях ширини круга B на подвійний хід стола, коли заготовка знаходиться у крайньому положенні. Ця подача необхідна для обробки заготовки на всю ширину b .

Подача S_b на глибину різання також виконується періодично після того, як круг при заданій глибині різання обробив заготовку на всю ширину b .

Столи плоскошліфувальних верстатів можуть мати прямокутну (рис. 3.27, г) або круглу форму і виконувати поступальний або обертальний рух подачі. Розрізняють чотири схеми плоского шліфування: на верстатах з поздовжньою подачею стола – торцем круга і периферією круга; такі ж дві схеми застосовують і на верстатах з круглим столом.

Заготовка на столах плоскошліфувальних верстатів кріплять за допомогою магнітних плит або спеціальних пристроїв.

Моделі плоскошліфувальних верстатів: з хрестовим (прямокутним) столом – 3Е710А, 3Е711В, 3Е711В-1 та інші; з круглим столом – 3Д740В, 3Д740А, 3Д754 та інші.

Широко розповсюджені у виробництві шліфувальні верстати з ЧПК.

3.9. Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які групи верстатів Ви знаєте?
2. Як класифікують металорізальні верстати?
3. Які рухи виконуються при обробці на металорізальних верстатах?
4. Як позначають моделі верстатів з ЧПК і які системи управління цими верстатами Ви знаєте?
5. Яка схема токарно-гвинторізного верстата, його призначення, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовуваний інструмент і як його кріплять, як кріплять заготовки?
6. Які типи токарно-револьверних верстатів застосовують, які їх схеми, види виконуваних робіт, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовують інструмент і як його кріплять, як кріплять заготовки?
7. Які типи токарно-карусельних верстатів Ви знаєте, які їх схеми, види виконуваних робіт, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовуваний інструмент і як його кріплять, як кріплять заготовки?
8. Які типи свердлильних верстатів Ви знаєте, як позначають моделі верстатів, який інструмент і види виконуваних робіт, яка точність і шорсткість оброблених поверхонь?
9. Яка схема вертикально-свердлильного верстата, його призначення, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовуваний інструмент і як його кріплять, як установлюють заготовки?
10. Яка схема радіально-свердлильного верстата, його призначення, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовуваний інструмент і як його кріплять, як установлюють заготовки?
11. Яка схема горизонтально-розточувального верстата, його призначення, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовуваний інструмент і як його кріплять, як установлюють заготовки?
12. Які типи фрезерних верстатів Ви знаєте, як позначають моделі верстатів, який інструмент і види виконуваних робіт, яка точність і шорсткість оброблених поверхонь?
13. Яка схема вертикально-фрезерного верстата, його призначення, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовуваний інструмент і як його кріплять, як установлюють заготовки?

14. Яка схема горизонтально-фрезерного верстата, його призначення, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який засто-совуваний інструмент і як його кріплять, як установлюють заготовки?
15. Яка схема поперечно-стругального верстата, його призначення, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовуваний інструмент і як його кріплять, як установлюють заготовку?
16. Які типи шліфувальних верстатів найширше застосовують, їх призначення та види виконуваних робіт, яка точність і шорсткість оброблених поверхонь?
17. Яка схема обробки на круглошліфувальному верстаті, його призначення, виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовують інструмент і як його кріплять, як установлюють заготовки?
18. Яка схема обробки на плоскошліфувальному верстаті, його призначення виконувані робочі рухи і їх розмірність, які установочні рухи, який застосовують інструмент і як його кріплять, як установлюють заготовки?

Лабораторна робота № 4

ВИВЧЕННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Мета роботи – закріпити теоретичні знання і набути практичні навички в області проектування верстатних пристроїв (ВП); вивчити конструкції запропонованих пристроїв і розробити їх ескізи; розробити ескіз заготовки, яку можна оброблювати в пристрої, із зазначенням схеми базування.

Послідовність виконання роботи

1. Вивчити основні визначення і теоретичні положення.
2. Визначити тип і призначення запропонованого пристрою.
3. Скласти ескіз пристрою з усіма необхідними проєкціями, розрізами, перерізами і розмірами.
4. Розробити ескіз заготовки, яку можна обробити в заданому пристрої, а також представити теоретичну схему її базування.
5. Скласти звіт з лабораторної роботи з ескізами пристрою і заготовки, описом конструкції пристрою і його роботи.

4.1. Загальні відомості і вказівки

4.1.1. Класифікація пристроїв

Пристроями називають додаткове обладнання, яке використовується для механічної обробки заготовок, контролю деталей, складання складальних одиниць і виробів.

За призначенням пристрої розділяють на наступні види: верстатні (для установки і закріплення заготовок та робочого інструмента); складальні; контрольні; для захоплення, переміщення і переорієнтації заготовок і складальних одиниць.

Верстатними пристроями (ВП) називають додаткове устаткування до металорізальних верстатів, яке найчастіше призначене для установки і закріплення заготовок. У залежності від виконуваної роботи вони, в свою чергу, розділяються на пристрої для токарних, свердлильних, розточувальних, фрезерних, шліфувальних та інших верстатів.

Застосування пристроїв забезпечує: підвищення продуктивності праці (за рахунок зменшення часу на установку і закріплення заготовки, швидкого переналадження верстата, багатомісної обробки тощо), підвищення точності обробки, розширення технологічних можливостей обладнання, полегшення умов праці і підвищення безпеки праці верстатників.

Таблиця 4.1

Система верстатних пристроїв

Система пристроїв	Область застосування	Ступінь оборотності
1	2	3
Універсально-збірні пристрої (УЗП)	Одиничне і малосерійне виробництво	Складові складальні одиниці і деталі в розібраному виді, оборотні
Збірно-розбірні пристрої (ЗРП)	Серійне і великосерійне виробництво з безперервним удосконаленням виробу	Оборотні, допускають нескладні переналагодження в межах однієї компоновки
Нерозбірні спеціальні пристрої (НСП)	Великосерійне і масове виробництво	Необоротні
Універсальні безналагоджувані пристрої (УБП)	Одиничне і малосерійне виробництво	Оборотна основна частина ВП (центри, патрони, стояки тощо), допускають багаторазове використання
Спеціалізовані налагоджувані пристрої (СНП)	Серійне виробництво	Складові: базова частина і складальні одиниці оборотні
Універсальні налагоджувані пристрої (УНП)	Великосерійне багатомономенклатурне виробництво	Оборотна основна частина, змінні деталі необоротні (універсальні лещата зі змінними губками)
Універсальна збірна переналагоджувана оснастка (УЗПО)	Універсальні	Оборотні

Розрізняють сім стандартизованих систем верстатних пристроїв (табл. 4.1).

За рівнем спеціалізації верстатні пристрої розділяють на універсальні – для обробки різних заготовок (токарні патрони, машинні лещата, поворотні столи, ділильні головки тощо); спеціалізовані – для обробки заготовок типових конфігурацій в межах однієї розмірної групи (вони

оснащені змінними деталями типу спеціальних губок для лещат, фасонних кулачків для патронів, призматичних елементів тощо); спеціальні, непереналагоджувані ВП – для виконання однієї або декількох операцій механічної обробки заданого виробу.

За конструкцією верстатні пристрої можна розділити на одно- і багатомісні, розбірні і нерозбірні, зі змінною або регульованою наладкою, з механізованим (не зв'язаним з оснащуванням верстатом) або автоматизованим (вмонтованим в оснащений верстат і зв'язаним з ним кінематично або за допомогою системи керування) приводом затискання.

4.1.2. Основні елементи верстатних пристроїв

Верстатні пристрої можуть включати наступні елементи:

установочні – для визначення положення оброблюваної заготовки відносно робочих органів верстата (звичайно ці елементи контактують з технологічними базами оброблюваної заготовки і їх виконують у вигляді опор, пластин, призм, центрів, пальців, спеціальних елементів тощо);

затискні – для надійного закріплення оброблюваної заготовки (гвинти, важелі, клини, ексцентрики, тяги, башмаки тощо);

направляючі – для точного направлення різального інструмента в процесі обробки відносно оброблюваної поверхні (кондукторні втулки, уловлювачі тощо);

ділильні, або поворотні – для точного повороту оброблюваної заготовки відносно робочих органів верстата на заданий кут і фіксації в цьому положенні (ділильні головки, диски, поворотні столи тощо);

орієнтуючі – для правильного установлення пристрою на столі верстата (шпонки і пальці на опорних поверхнях фрезерних пристроїв, центруючі і орієнтуючі пальці поворотних кондукторів тощо);

установи – для попереднього виставлення інструмента на необхідний розмір обробки за допомогою щупа (висотні і кутові установи фрезерних пристроїв);

механізовані приводи – для створення необхідного зусилля затискання (гідро- і пневмоциліндри, пневмокамери, електромеханічні, електромагнітні і пружинні приводи, вакуумні затискачі та ін.);

кріпильні – для з'єднання окремих елементів між собою (болти, гвинти, гайки, направляючі різних конструкцій тощо);

корпусні – для об'єднання усіх елементів пристрою в працездатну конструкцію.

У залежності від призначених ВП частина вказаних елементів може бути відсутньою. На основні елементи пристроїв розроблені стандарти та нормалі.

4.1.3. Бази і їх класифікація

Основне функціональне призначення верстатних пристроїв – забезпечення необхідної точності положення заготовок відносно робочих органів верстата і постійності цього положення в процесі обробки за допомогою базування і закріплення заготовок.

Базування – надання заготовці або виробові необхідного положення відносно вибраної системи координат.

Теорія базування є загальною і розповсюджується на усі тіла, в тому числі і на вироби машинобудування в зборі і на усіх стадіях виробничого процесу: механічна обробка, вимірювання, транспортування, складання тощо.

При конструюванні і виготовленні машин велике значення мають бази.

База – це поверхня (або поєднання поверхонь), вісь, точка, яка належить заготовці або виробові і використовується для базування.

За призначенням бази розділяють на конструкторські, вимірювальні і технологічні.

Конструкторські бази застосовуються для визначення положення деталі або складальної одиниці у виробі і розділяються на основні і допоміжні.

Основна база – база даної деталі або складальної одиниці, яка використовується для визначення її положення у виробі.

Допоміжна база – конструкторська база даної деталі або складальної одиниці, яка використовується для визначення положення приєднуваного до них виробу.

Вимірювальна база – база для визначення відносного положення заготовки або виробу і засобів вимірювання.

Технологічна база – база для визначення положення заготовки або виробу при виготовленні або ремонті. Умовно технологічні бази розділяють на чорнові, чистові, допоміжні і додаткові.

Чорнова технологічна база – необроблена поверхня, яка застосовується переважно при базуванні заготовки на перших операціях, на яких, як правило, оброблюють чистові бази.

Чистова технологічна база – оброблена, як правило, точна поверхня, яка застосовується для базування на наступних операціях.

Допоміжна технологічна база – оброблена поверхня, яка не є необхідною за функціональним призначенням виробу, але спеціально утворюється для поліпшення базування (наприклад, центрові отвори у валах).

Додаткова технологічна база – частина або елемент деталі, який

спеціально створений для поліпшення базування (їх переважно виконують у вигляді бобишок, приливів, ребер тощо).

В ГОСТі 21495-76 наведені приклади базування і баз.

4.1.4. Базування заготовки в пристрої

Представимо трьохмірний простір OXYZ з осями координат (рис. 4.1). Тіло A, яке ні з чим не зв'язане, має шість ступенів вільності – три переміщення уздовж і три обертання навколо координатних осей. Положення тіла відносно осей координат можна вважати визначеним, якщо тіло позбавлене усіх без виключення шести ступенів вільності. Тільки в цьому випадку можна говорити про надійне базування.

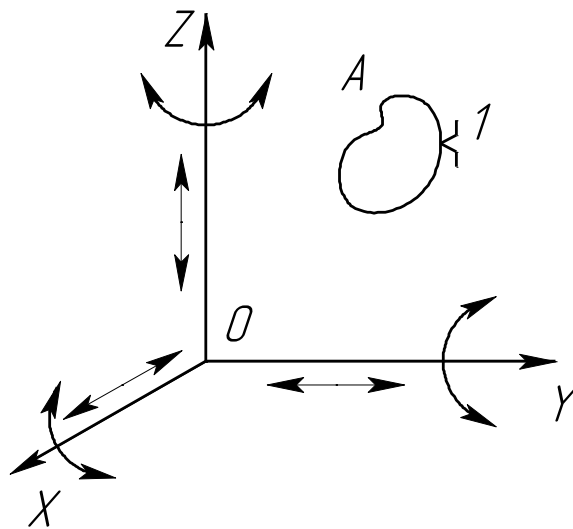


Рис. 4.1. Одна жорстка точка 1 позбавляє тіло A одного ступеня вільності

Введемо тіло A в контакт з опорною точкою 1, під якою розуміється точка, що символізує двосторонній геометричний зв'язок заготовки або виробу з вибраною системою координат. Тобто опорна точка 1 не дає тілу A можливості переміщуватися уздовж осі OY вправо. При переміщенні тіла A вліво воно відривається від опори A, тобто стає вільним, що проти правил базування. Таким чином, щоб позбавити тіло одного ступеня вільності, необхідно ввести це тіло в контакт з однією опорною точкою в пристрої. На схемах базування опорна точка позначається: \triangle - вид збоку, \diamond - вид у плані.

Для того, щоб позбавити заготовку усіх шести ступенів вільності, тобто повністю збазувати, її необхідно ввести в контакт з шістьма опорними точками. Це, так зване, “правило шести точок”.

Проте на практиці не завжди потрібно позбавляти заготовку усіх шести ступенів вільності.

Розглянемо, як “правило шести точок” застосовують при базуванні типових заготовок.

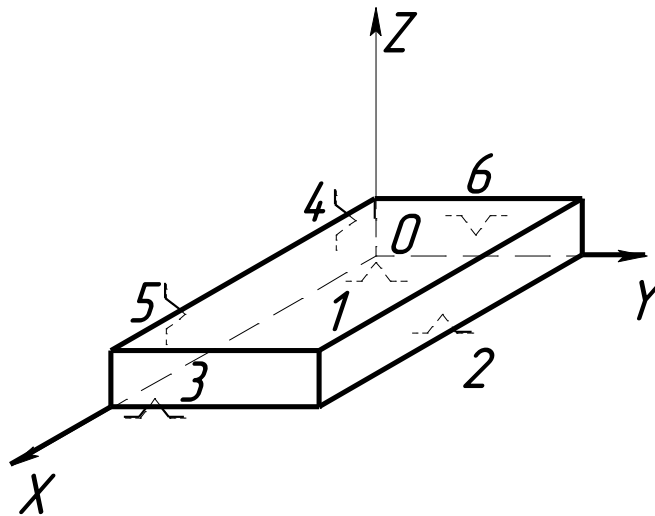


Рис. 4.2. Базування паралелепіпеда

Паралелепіпед (рис. 4.2). Найбільшою площиною його базують на три опорні точки. Точка 1 позбавляє тіло можливості переміщуватися уздовж осі Z ; точка 3 – обертатися навколо осі Y ; точка 2 – обертатися навколо осі X .

База XOY , яка несе три опорні точки і позбавляє заготовку трьох ступенів вільності (переміщення уздовж однієї і обертання навколо двох інших осей), називається установочною базою.

Боковою довгою гранню паралелепіпед вводять у контакт з двома опорними точками. Точка 4 позбавляє заготовку можливості переміщуватися уздовж осі Y , а точка 5 – навколо осі Z .

База, яка несе дві опорні точки і позбавляє заготовку двох ступенів вільності (переміщення уздовж однієї осі і обертання навколо іншої), називається направляючою базою.

Найменшою гранню паралелепіпед вводять у контакт з однією опорною точкою 6, яка позбавляє заготовку переміщення уздовж осі X .

База ZOY , яка несе одну опорну точку і позбавляє заготовку одного ступеня вільності (переміщення уздовж або обертання навколо координатної осі), називається опорною базою.

Заготовки типу “зовнішні тіла обертання” умовно розділяють на довгі ($l > d$) і короткі ($l < d$). Довгі циліндричні заготовки типу валів, осей, циліндрів, штоків тощо базують в призмах (одній довгій, або, краще, в двох коротких). Якщо важко визначити, скільки ступенів вільності позбавляється заготовка при базуванні, визначають, скільки їх залишилося. При базуванні в довгій призмі (рис. 3.3) заготовка може тільки

перемішуватися уздовж і повертатися навколо осі OY , тобто довга призма позбавляє заготовку чотирьох ступенів вільності.

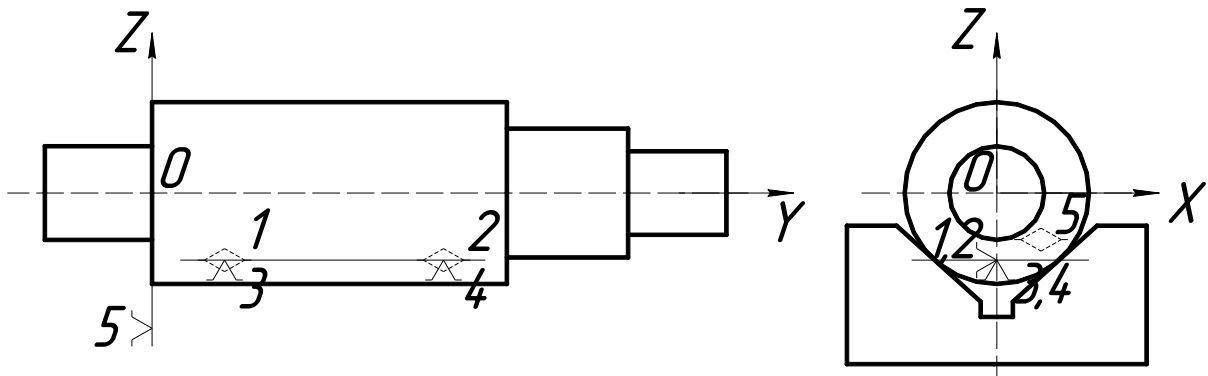


Рис. 4.3. Базування за довгою зовнішньою поверхнею обертання

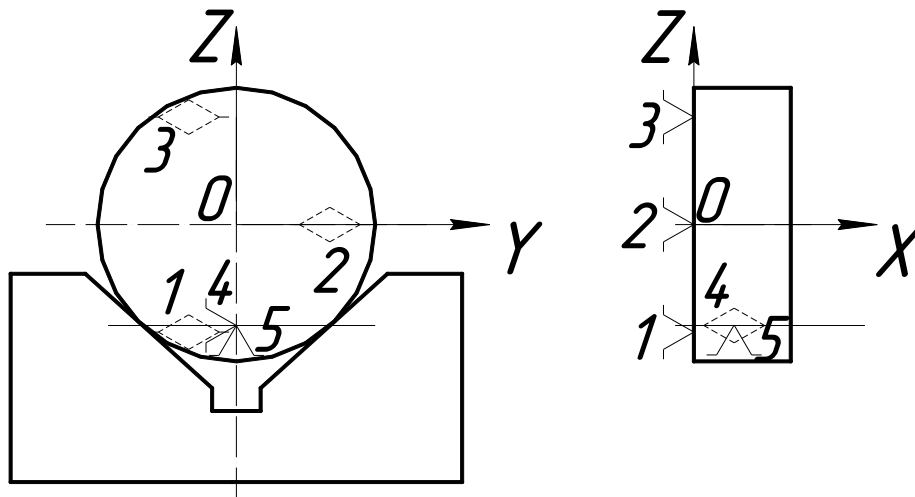


Рис. 4.4. Базування за короткою зовнішньою поверхнею обертання

База, яка позбавляє заготовку чотирьох ступенів вільності (переміщення уздовж двох координатних осей і обертання навколо цих осей), називається подвійною направляючою базою.

Для позбавлення заготовки переміщення уздовж осі OY на її торці передбачають додаткову опорну базу 5.

Аналогічно, при базуванні в короткій призмі заготовки типу диска (рис. 4.4), вона позбавляється двох ступенів вільності. База, яка позбавляє заготовку двох ступенів вільності (переміщень уздовж двох координатних осей), називається подвійною опорною базою.

Для надійного базування заготовок типу дисків на торці передбачають додатково ще три опорні точки (1, 2, 3).

Приклади базування за внутрішніми циліндричними поверхнями показані на рис. 4.5 і 4.6, а за конічними – на рис. 4.7 і 4.8.

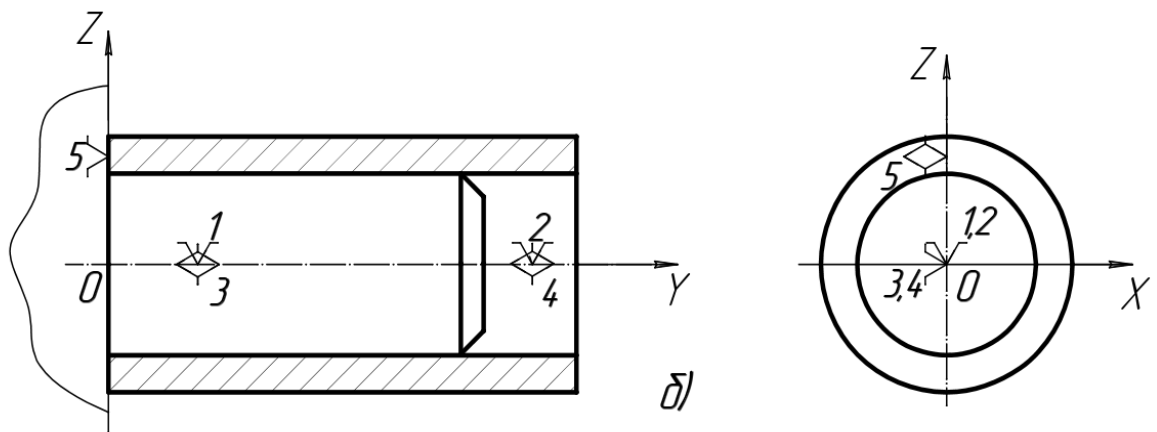
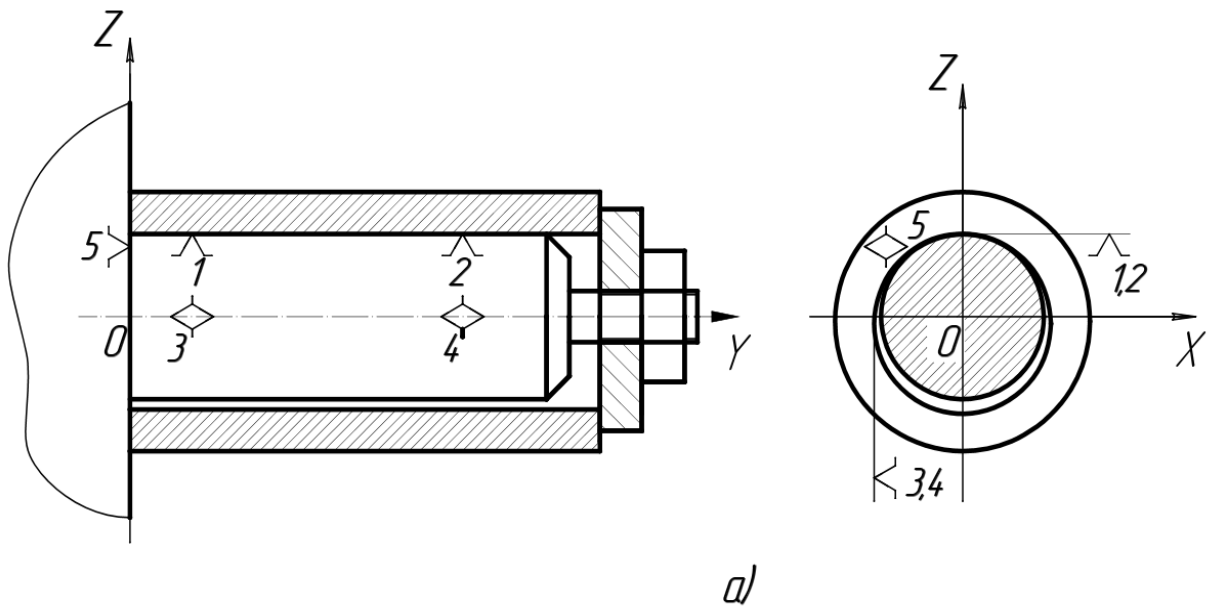


Рис. 4.5. Базування за довгою внутрішньою поверхнею обертання:
а) з зазором; б) з натягом

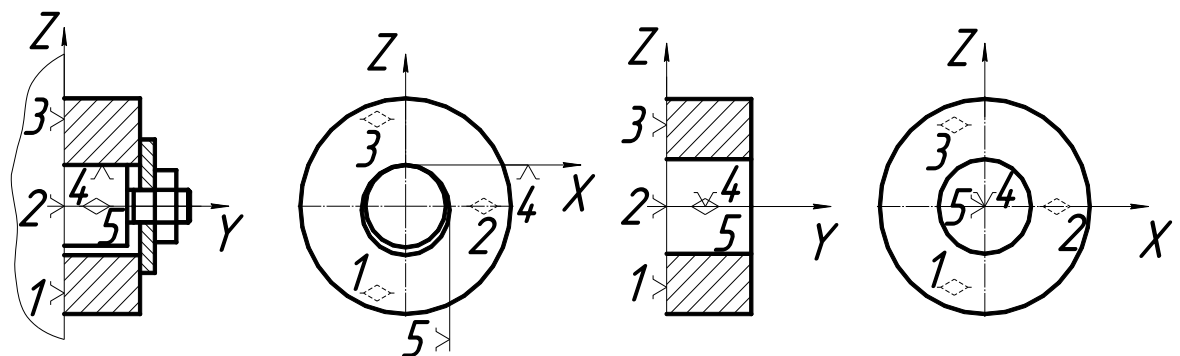


Рис. 4.6. Базування за короткою внутрішньою поверхнею обертання:
а) з зазором; б) з натягом

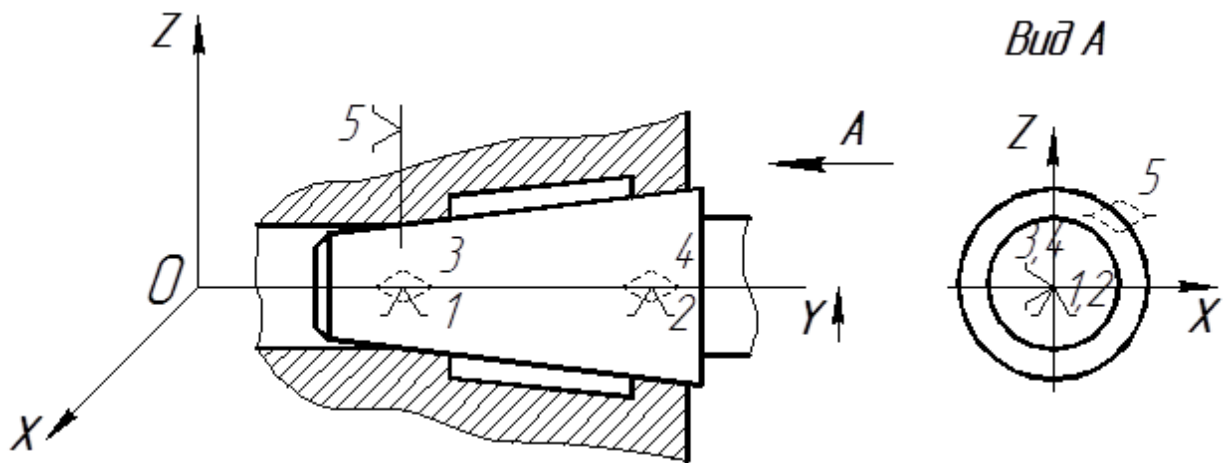


Рис. 4.7. Базування за довгою конічною поверхнею

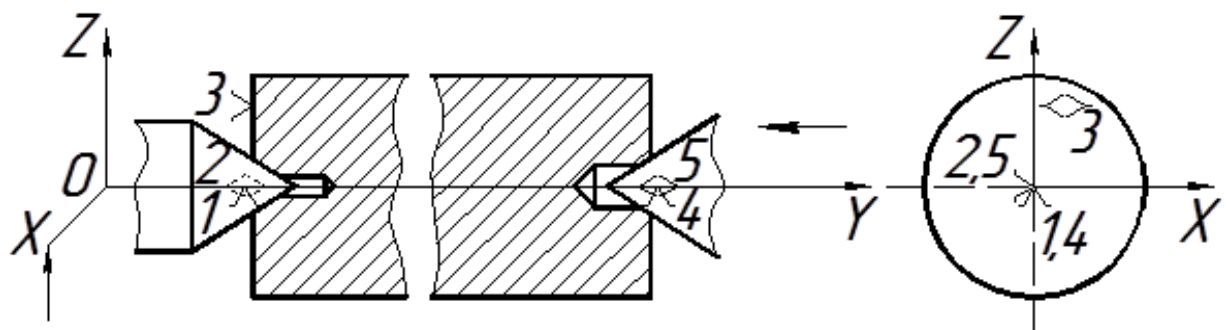


Рис. 4.8. Базування за двома короткими конічними поверхнями

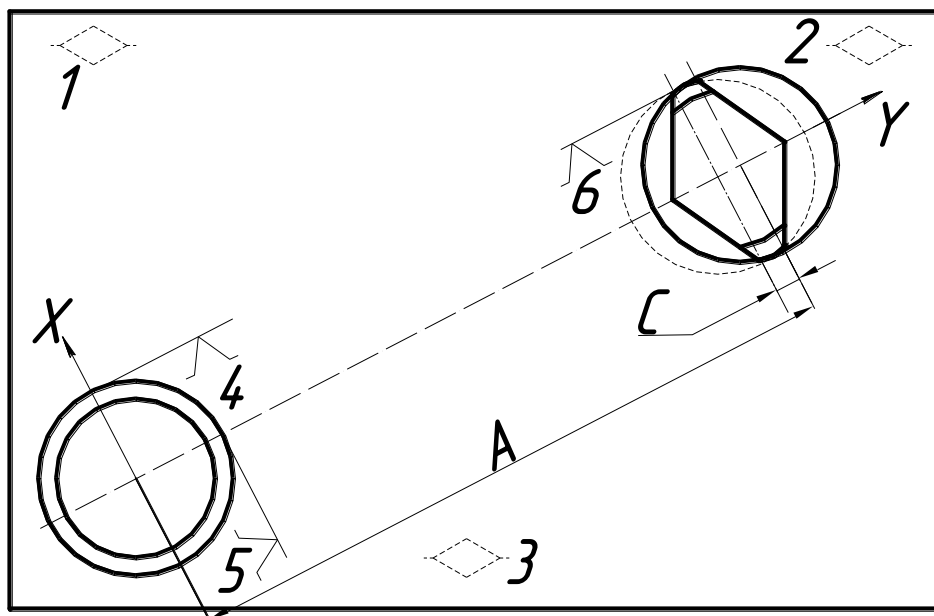


Рис. 4.9. Базування за площиною і двома точними отворами

На рис. 4.9 показана схема базування за площиною і двома точними отворами (на циліндричний і зрізаний палець), яка широко застосовується при обробці заготовок корпусних деталей.

Для того, щоб заготовка не змінювала свого положення від технологічної дії (сил різання), її закріплюють.

Закріплення – прикладання сил або пар сил до заготовки для досягнення постійності її положення, яке вона отримала при базуванні.

4.1.5. Проектування пристроїв і точність установки заготовки

При виборі типу пристрою необхідно урахувати, що затрати на проектування, виготовлення і експлуатацію ВП складають до 20 % від вартості обладнання в машинобудуванні.

Ступінь досконалості ВП прямо впливає на швидкість освоєння нових видів продукції, підвищення точності і продуктивності механічної обробки і складання. Економічну доцільність застосування вибраного типу ВП в розробленому технологічному процесі можна визначити за залежностями, що наведені в [1, с. 15-17; 3, с. 96, 97]. Укрупнені нормативи вартості ВП наведені в [2, т.2, с. 426, 427].

Для партії заготовок, які при обробці послідовно установлюють у ВП, положення поверхонь не є ідентичним, тому що виникають похибки установки.

Похибки установки – відхилення фактично досягнутого положення заготовки або виробу від номінального.

Похибка установки заготовки ε у пристрої дорівнює сумі похибок базування ε_6 , закріплення ε_3 і положення ε_n . Ураховуючи, що ці похибки є випадковими величинами, їх сумують за правилом квадратного кореня:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2}.$$

З метою мінімізації похибок установки заготовки, розглянемо кожну складову цієї похибки.

Похибкою базування ε_6 називається різниця граничних відстаней від вимірювальної бази заготовки до установленого на заданий розмір обробки інструмента. Вона виникає при несумісності вимірювальної і технологічної баз заготовки і визначається для конкретного виконуваного розміру в залежності від схеми установки. При суміщенні технологічної і вимірювальної баз заготовки, значення ε_6 дорівнює нулеві.

Наприклад, якщо при фрезеруванні уступа (рис. 3.10) при прийнятій схемі базування необхідно видержати розмір А, то похибка базування відсутня, тому що технологічна база 1 співпадає з вимірювальною базою,

від якої заданий розмір A . Якщо при тій же схемі базування необхідно видержати розмір B , то похибка базування буде дорівнювати δ , тобто величині відхилення положення вимірювальної бази 2 відносно технологічної бази 1 (і відносно леза інструмента). Як видно з викладеного, вибір схеми базування прямо впливає на точність обробки.

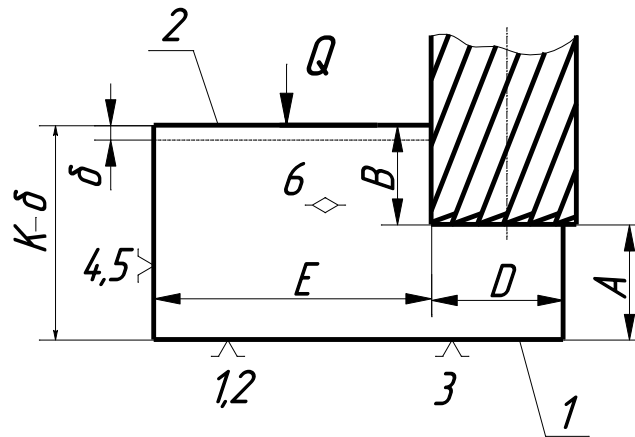


Рис. 4.10. Схема для визначення похибок базування

Методика розрахунку похибок базування наведена в [2; 3; 4]. Функцію базування у ВП виконують установочні елементи, конструкція яких регламентована в [2, т. 2, с. 66-77; 6, т. 1, с. 322-374].

Похибка закріплення ε_3 – це різниця крайніх зміщень вимірювальної бази в напрямі отримуваного розміру під дією сили затискання заготовки.

Заготовка зміщується в результаті пружних деформацій елементів ВП і заготовки, через які виконується силове замикання. При цьому необхідно урахувати, що найбільше переміщення спостерігається в місці стику заготовка – установочні елементи і одночасно зміщується технологічна база.

Якщо величина зміщення вимірювальної і технологічної баз постійна в межах партії заготовок, то похибка закріплення дорівнює нулеві, тому що це зміщення можна урахувати при налагодженні інструмента на розмір обробки.

Для зменшення похибок закріплення необхідно старатися стабілізувати силу затискання заготовок. Ось чому при виконанні точних робіт недоцільно застосовувати ручний привод затискання.

До зменшення похибки закріплення приводить також підвищення жорсткості стику заготовка – установочні елементи, збільшення жорсткості пристрою, зменшення кількості власних стиків ВП, які сприймають силу затискання.

Функцію закріплення заготовки забезпечують у ВП затискні елементи і силовий привод. Їх конструктивне виконання і розрахунок

наведені в [2, т. 2, с. 77-93; 6, т. 1, с. 375-516].

До затискних елементів пред'являють наступні вимоги:

- 1) при затисканні заготовки не повинно порушуватись її положення, яке досягнуте при базуванні. Це забезпечується раціональним вибором напрямку і точки прикладання сили затискання;
- 2) затискання не повинно викликати деформації і дефекти заготовок;
- 3) сила затискання повинна бути мінімальною, але достатньою для забезпечення надійного закріплення заготовки при обробці;
- 4) при застосуванні ручного затискання зусилля руки не повинно перевищувати 147 Н (15 кгс);
- 5) сили різання не повинні сприйматися затискними елементами;
- 6) затискний механізм повинен бути безпечним у роботі.

Похибка положення заготовки $\varepsilon_{\text{п}}$ викликається неточністю ВП і залежить від похибок виготовлення і складання установочних елементів і похибки установки пристрою на верстаті.

Правильне положення заготовки в пристрої забезпечують установочні елементи ВП, а правильне положення пристрою на столі верстата – орієнтуючі елементи ВП. Точна установка інструмента на необхідний розмір обробки досягається за допомогою установів, шаблонів тощо [2, т. 2, с. 77-79; 6, т. 1, с. 286-289].

Таким чином, незалежно від виду пристроїв, основою для їх створення є агрегування, тобто створення пристроїв за допомогою їх компонування з обмеженої кількості стандартних, уніфікованих, нормалізованих і спеціальних елементів, які мають властивість функціональної взаємозамінності.

При конструюванні пристрою необхідно урахувати, що загальний вид пристрою розробляють методом послідовного викреслювання його елементів у певній послідовності:

- 1) виконують ескіз заготовки на аркуші формату А1 або А2 в трьох, рідше в двох, проекціях тонкими лініями на відстані, достатній для викреслювання проєкцій пристрою. Товстими лініями виділяють оброблювані поверхні;
- 2) наносять на ескіз елементи пристрою для направлення інструмента. Кондукторні втулки розміщують на необхідній віддалі від заготовки і визначають необхідну товщину корпусу і кондукторної плити;
- 3) викреслюють установочні елементи ВП;
- 4) викреслюють затискні елементи і силовий привод (допускається стандартний привод показувати спрощено);
- 5) наносять елементи, які забезпечують правильне положення ВП на столі верстата;
- 6) конструктивно оформлюють корпус ВП;

7) проставляють розміри, точність яких впливає на похибку розмірів деталі, отримуваних в розглядуваній операції;

8) наносять розміри спряжень, точність яких не впливає на похибку обробки, але забезпечує працездатність ВП;

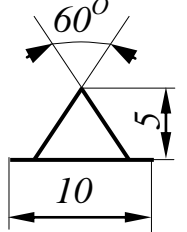

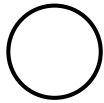
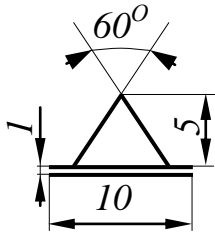
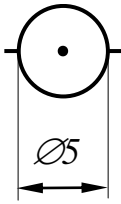
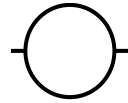
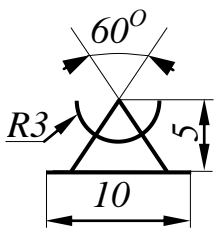
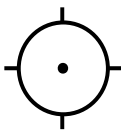
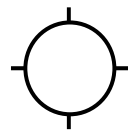
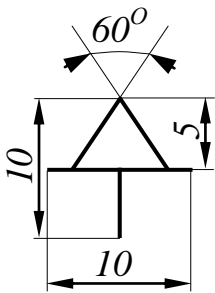
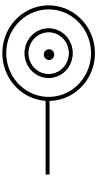
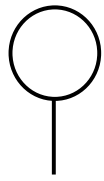
9) проставляють габаритні і приєднувальні розміри;

10) указують технічні вимоги до складання і експлуатації пристрою;

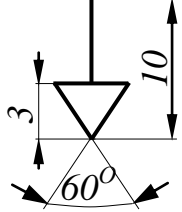
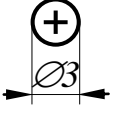

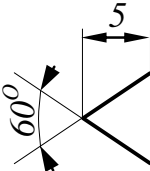
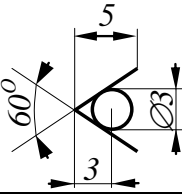
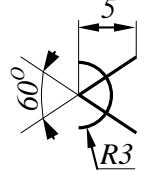
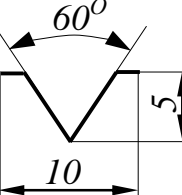


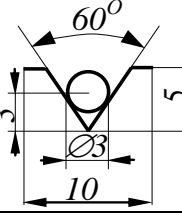


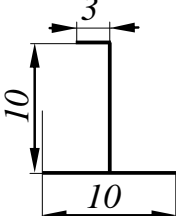
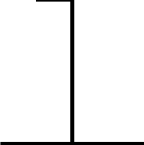
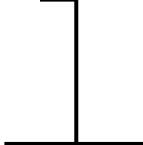
11) розробляють специфікацію ВП.

При умовному зображенні елементів пристроїв необхідно користуватися графічними позначеннями опор, затискачів, установочних елементів за ГОСТ 3.1107-81, короткий перелік котрих наведений в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Графічне позначення опор			
Найменування опори	Позначення опори на видах		
	спереду, ззаду	зверху	Знизу
1. Нерухома			
2. Рухома			
3. Плаваюча			
4. Регульована			

Продовження табл. 4.2

Найменування затискача	Позначення затискача		
	спереду, ззаду	зверху	знизу
1.Одиночний			
Найменування установочного пристрою	Позначення установочного пристрою на видах		
	спереду, ззаду, верху, знизу	зліва	зправа
1. Центр нерухомий		Без позначення	Без позначення
2. Центр, який обертається		Без позначення	Без позначення
3. Центр плаваючий		Без позначення	Без позначення
4. Оправка циліндрична			
5. Оправка кулькова (роликів)			
6. Патрон повідковий			

Примітка. Позначення зворотних центрів необхідно виконувати у дзеркальному зображенні.

3. ВП повинен бути економічно доцільним. Затрати на проектування, виготовлення і експлуатацію повинні окупатися за рахунок зниження собівартості виконуваної операції. Виключення складають ВП, які забезпечують вимоги охорони праці при виконанні операції.

4. Мати добру ремонтоздатність.

5. Бути зручними в експлуатації. Ці вимоги забезпечуються за рахунок зручності при установленні і зніманні виробу, розміщення рукояток, легкого очищення від стружки тощо.

6. Полегшувати працю верстатника.

7. ВП повинен забезпечувати безпеку роботи, що досягається застосуванням затискних механізмів з самогальмівними ланками, а також блокуючих механізмів у системі управління верстатом.

4.2. Пристрої для токарних верстатів

При обробці на токарних верстатах оброблювані деталі установлюють в центрах, патронах, на оправках.

При обробці деталей типу валів застосовують центри упорні, які виконують суцільними або з вставкою з твердого сплаву, і центри, що обертаються. Останні менш точні, але вони менше зношуються.

Центри мають конусну поверхню з кутом при вершині 60° , 90° , 120° для установки заготовок, хвостовик центра виготовляють з конусом Морзе № 2, 3, 4, 5, 6.

При обробці в центрах для передачі крутного моменту застосовують поводкові пристрої: хомутики, поводкові планшайби, поводкові патрони. Іноді для обертання деталей при обробці застосовують рифлені центри.

Для обробки деталей з отворами (втулок, кілець, шестерень) застосовують консольні і центрові оправки, завдяки чому забезпечується висока концентричність зовнішніх і внутрішніх поверхонь. Найчастіше застосовують наступні види оправок:

- 1) жорсткі (гладкі) - для установки деталей з зазором або з натягом;
- 2) розтискні цангові;
- 3) клинові (плунжерні, кулькові).

Оправки установлюють консольно в шпинделі верстата або в центрах.

Для установки і закріплення деталей на токарних верстатах найширше застосовують патрони.

Патрони, у залежності від кількості кулачків, розділяють на дво-, три- і чотирикулачкові. Вони бувають самоцентруючі і з незалежним переміщенням кулачків, універсальні і спеціальні, з ручним і механізованим приводом (рис. 4.11).

У одиничному і малосерійному виробництвах в основному застосовують універсальні патрони з ручним приводом.

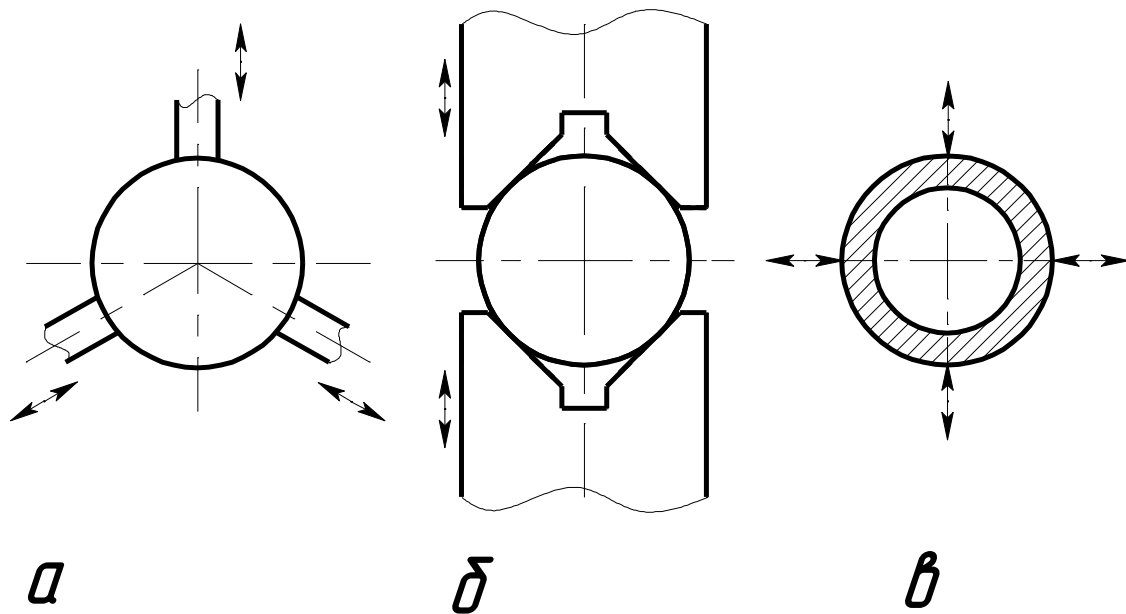


Рис. 4.11. Схеми роботи самоцентруючих пристроїв:
 а) з трьома кулачками; б) з двома призматичними кулачками; в) з тонкостінною пружно-деформованою втулкою

Дво- і чотирикулачкові патрони застосовують для установлення і закріплення заготовок некруглої форми.

Трикулачкові самоцентруючі патрони застосовують для установлення і закріплення різних заготовок з циліндричними поверхнями. Ці патрони широко застосовуються тому, що установлення заготовки в патроні займає мало часу, а вивіряння її майже повністю усувається.

Широко застосовують патрони: спіральньо-рейковий з конічною передачею, шестеренно-гвинтові, шестеренно-рейкові.

Спіральньо-рейковий патрон з конічною передачею.

Найширше розповсюджена конструкція патрона показана на рис. 4.12. У корпусі 1 установлений спеціальний диск 2 з спіраллю Архімеда, з яким знаходиться в зачепленні рейка 3. При обертанні диска зубчаста рейка переміщується в Т-подібному пазі корпусу. Диск обертається за допомогою однієї з конічних шестерень 6, розміщених у радіальних отворах корпусу. Кришка 7 обмежує можливість переміщення спірального диска в осьовому напрямі, вона установлена в корпусі так, що зазор між торцем спірального диска і кришкою витриманий в межах 0,02...0,05 мм. Одночасно з цим кришка служить для запобігання патрона від попадання бруду.

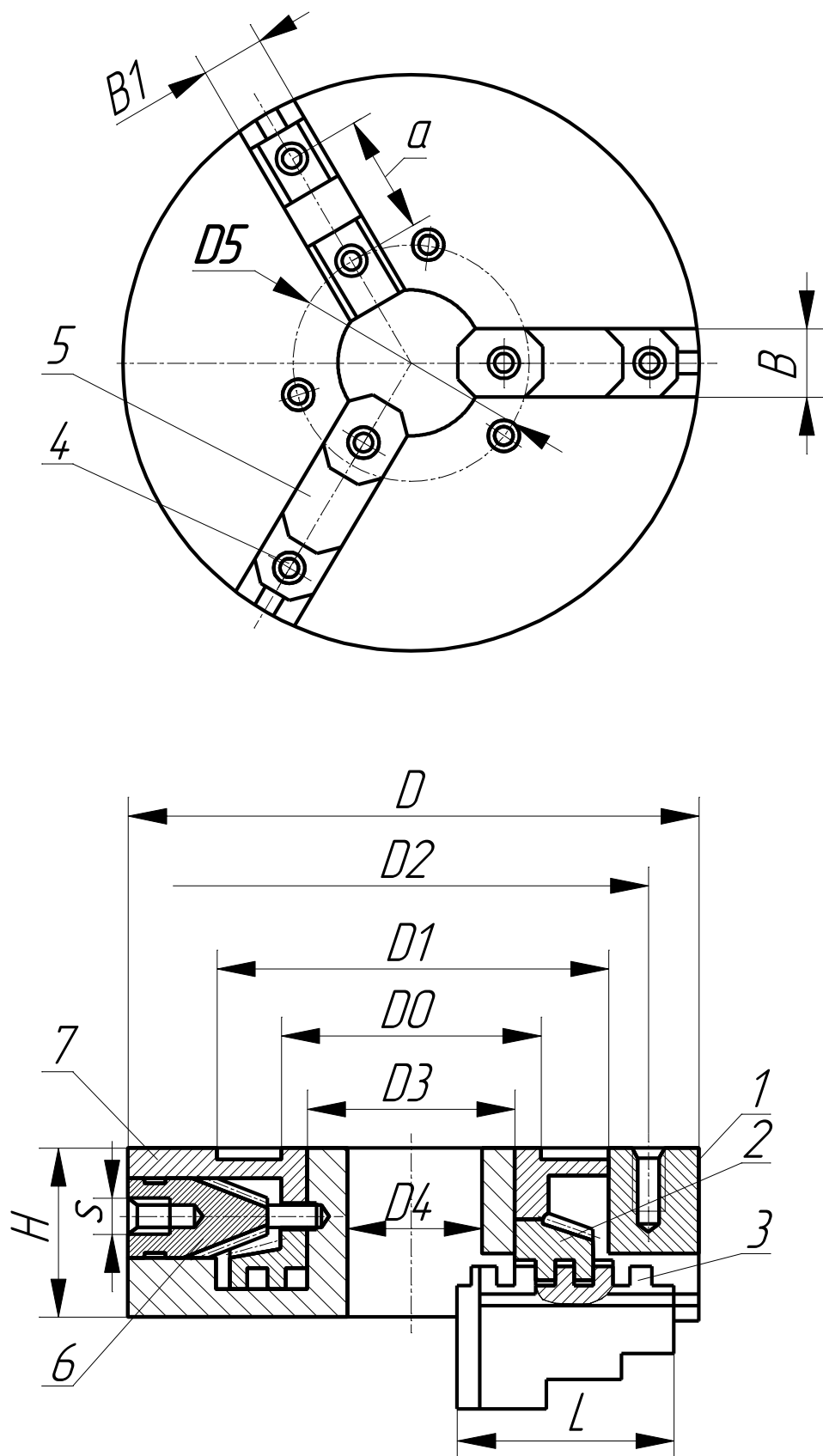


Рис. 4.12. Патрон самоцентрирующий трикулачковый с спирально-рейковым механизмом

У хрестоподібному пазі рейки гвинтами 4 кріплять затискні кулачки 5, які можна використати як прямі або зворотні. Патрони з суцільними кулачками мають два комплекти кулачків: прямі і зворотні.

Перевага цих патронів – простота конструкції, великий хід кулачків, достатні зусилля затискання і мала кількість розмірів, які впливають на точність центрування заготовки, що затискається (точність залежить в основному від центрування спірального диска в корпусі і точності виготовлення спіралі). Недолік цих патронів: наявність лінійного контакту між зубами рейок і спіраллю диска, що приводить до високого питомого тиску у місцях контакту, зменшення строку служби і втрати точності патрона. Для підвищення зносостійкості застосовують гартування і шліфування витків спіралі диска і рейок кулачків патрона.

Вищу точність центрування забезпечують шестеренно-рейкові патрони, які мають контакт робочих елементів по площині, а відповідно, вищу зносостійкість, проте вони мають малий хід кулачків, що обмежує їх застосування в одиничному виробництві.

Указані типи патронів точно центруються пояском шпинделя і кріпляться на передньому кінці шпинделя верстата за допомогою різьби або до фланцевого кінця шпинделя верстата.

У серійному і масовому виробництвах застосовують самоцентруючі патрони з механізованим приводом, а також цангові патрони, які забезпечують найвищу точність центрування (похибка 0,05...0,03 мм), проте діаметр прутка (заготовки) повинен бути виконаним не гірше 9-го квалітету. Такі патрони застосовують при обробці деталей на токарних верстатах-автоматах і токарно-револьверних верстатах.

4.3. Пристрої для свердлильних верстатів (кондуктори)

Кондуктори – пристрої для установки і закріплення заготовок, які оброблюються на свердлильних верстатах. Вони мають кондукторні втулки для направлення інструмента.

Застосовують наступні види кондукторів: накладні, стаціонарні, пересувні, поворотні.

Накладні кондуктори установлюють безпосередньо на оброблювану заготовку, а після обробки отворів знімають з неї.

Стаціонарні кондуктори призначені для свердління отворів з одного боку заготовки, їх нерухомо кріплять до стола свердлильного верстата.

З стаціонарних широко застосовують скальчасті кондуктори (рис. 4.19) для обробки отворів у різних за формою і розмірами заготовках. Такі кондуктори складаються з постійних і змінних вузлів (наладок) і деталей. До змінних відносять базові елементи для установки заготовки, яка

базується і закріплюється на столі корпусу кондуктора, а також кондукторну плиту з кондукторними втулками, яка монтується і закріплюється на нижній площині постійної плити.

Найширше розповсюджені у промисловості скальчасті кондуктори з рейково-корпусним механізмом і пневматичним приводом.

Поворотні кондуктори призначені для обробки отворів, які розміщені на різних поверхнях заготовки або по колу. Їх установлюють на універсальних поворотних столах або пристроях. При послідовній обробці отворів пристрій з заготовкою періодично повертається навколо своєї осі.

Кондукторні втулки служать для направлення різального інструмента і визначення його положення при обробці отворів на свердлильних, агрегатних і розточувальних верстатах.

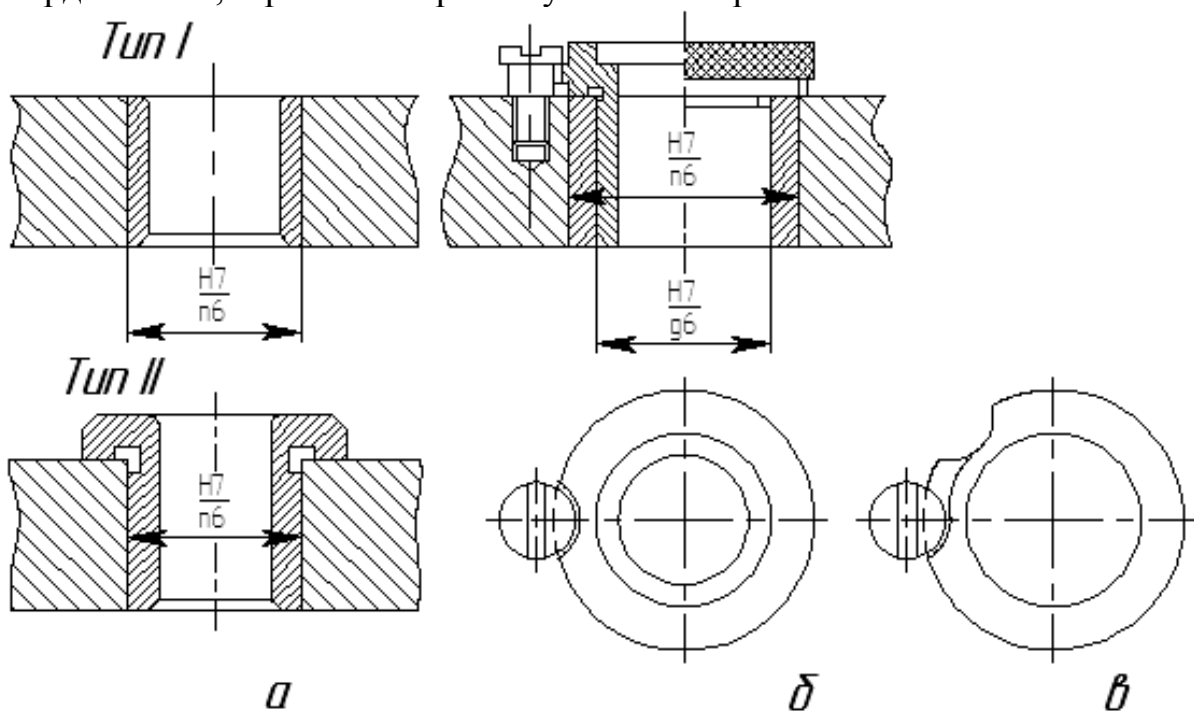


Рис. 4.13. Типи кондукторних втулок

За конструкцією втулки розділяють на чотири групи (рис. 4.13):

1) постійні, які запресовують у кондукторну плиту і застосовують при обробці отворів одним свердлом у малосерійному виробництві (рис. 4.13, а). Їх виконують без бурта (тип I) і з буртом (тип II);

2) змінні – застосовують у пристроях великосерійного і масового виробництва, їх замінюють після зносу. Змінні втулки установлюють у постійних втулках без бурта за посадкою $H7/g6$ або $H7/h6$. Від провороту і піднімання при обробці під дією стружки, яка сходить, вони утримуються головкою гвинта (рис. 4.13, б);

3) швидкозмінні – застосовують у серійному виробництві для

обробки отворів послідовно декількома інструментами. Від змінних втулок вони відрізняються наявністю зрізу на буртику, що дозволяє їх змінювати без повного вигвинчування кріпильного гвинта (рис. 4.13, в);

4) спеціальні – застосовують, коли неможливо застосувати стандартні втулки.

4.4. Пристрої для фрезерних верстатів

При обробці на фрезерних верстатах застосовують такі ж способи установки і закріплення заготовок, як і на верстатах свердлильної групи:

а) за допомогою прихватів на столі верстата (при фрезеруванні за розміткою);

б) в універсальних пристроях;

в) у спеціалізованих і спеціальних пристроях.

У одиничному (ОВ) та малосерійному (МСВ) виробництвах при фрезеруванні за розміткою заготовки виставляють на столі верстата за допомогою клинів, пластин тощо і закріплюють за допомогою прихватів, планок, болтів та інших кріпильних елементів.

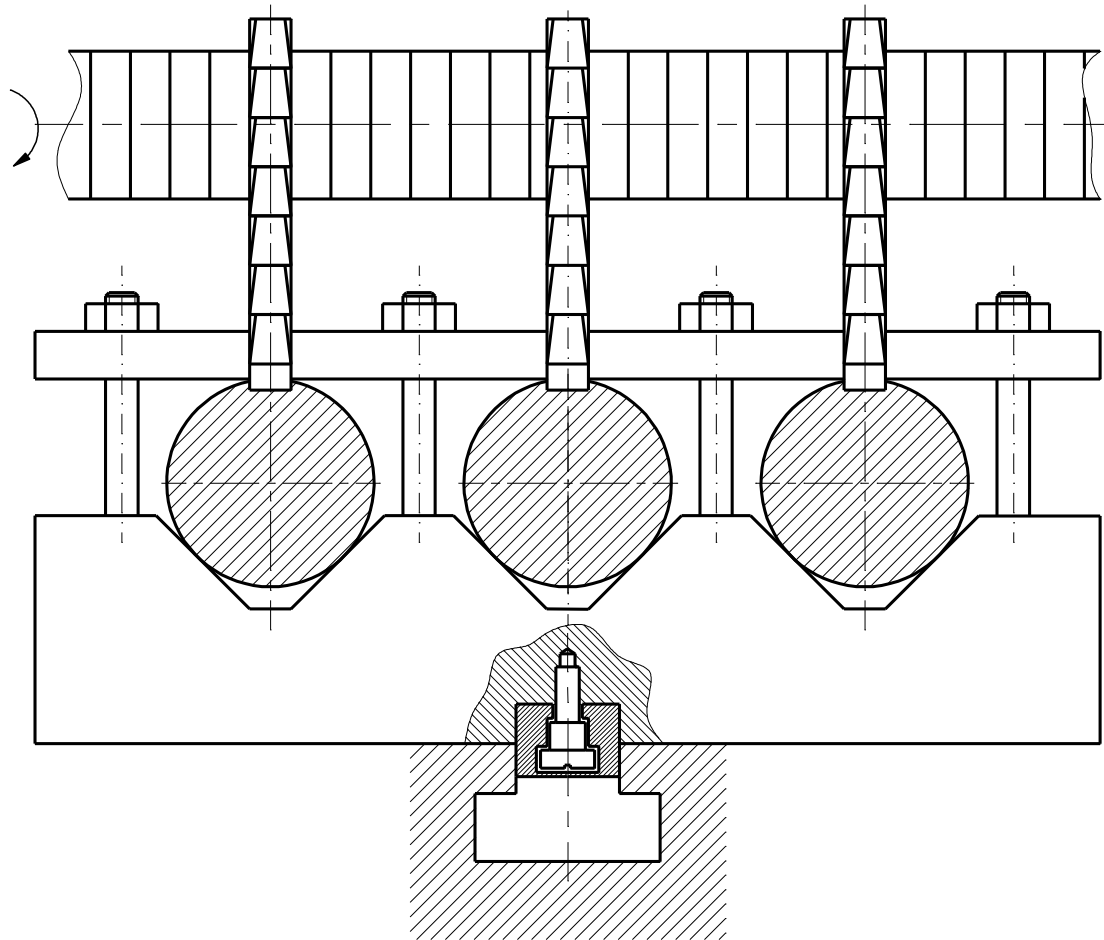


Рис. 4.14. Установка циліндричних заготовок у призмах

Для обробки малих і середніх заготовок в ОВ, МСВ і ССВ застосовують універсальні пристрої: машинні лещата, ділильні головки, поворотні столи, патрони тощо.

Заготовки циліндричної форми встановлюють в призмах (рис. 4.14), які за допомогою двох орієнтуючих шпонок виставляють паралельно до напрямку поздовжньої подачі стола.

На рис. 4.15. показані спеціалізовані лещата з додатковими губками, які самовиставляються для одночасного затискання 4-х заготовок. Ексцентриковий затискач забезпечує високу швидкодію, а самоустановні губки – рівномірне затискання усіх заготовок незалежно від коливань розмірів їх діаметрів у межах допуску.

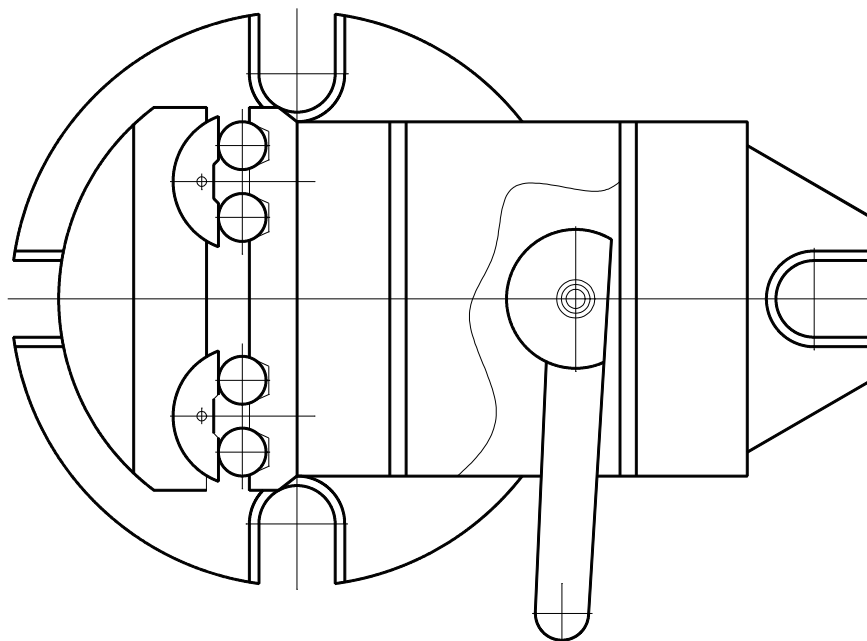


Рис. 4.15. Багатомісні лещата для круглих заготовок

У середньосерійному і масовому виробництвах широко застосовують швидкодіючі спеціалізовані і спеціальні пристрої з пневмо- і гідроприводом.

На рис. 4.16 показані лещата з пневмоприводом.

При подаванні стисненого повітря в нижню частину пневмокамери, гумова діафрагма піднімає шток пневмокамери вгору і важіль 1, повертаючись навколо горизонтальної осі, переміщує повзун 4 з рухомою губкою 3 вліво, і заготовка, яка розміщується між губками 2 і 3, затискається. При падінні тиску повітря в пневмокамері пружина 5 переміщує повзун вправо і розтискає заготовку. Лещата з пневмозатискачем при тиску повітря 0,5 МПа можуть розвивати зусилля до 10000 Н. Замінивши змінні губки 2 і 3 на фасонні, можна легко перетворити такий пристрій в спеціальний.

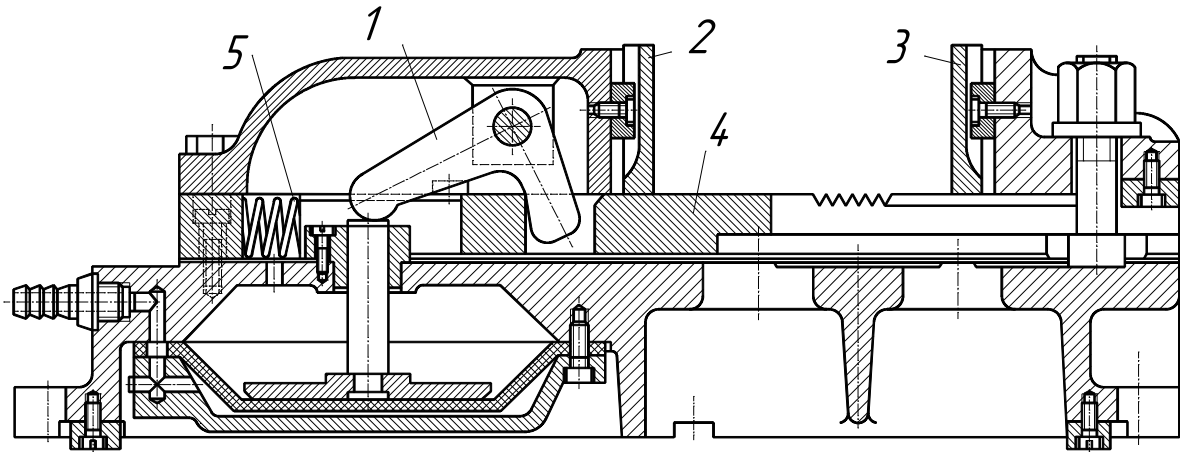


Рис. 4.16. Лещата з пневматичним затискачем

При проектуванні спеціальних фрезерних пристроїв необхідно враховувати:

1) для підвищення продуктивності праці і сили затискання застосовують пристрої з пневмо- та гідроприводом;

2) при фрезеруванні виникають великі сили різання і необхідно, щоб вони притискали заготовку до жорстких постійних опор. Крім того, особливо при чорновому фрезеруванні, необхідно розраховувати зусилля затискання. Якщо зусилля затискання пневмопривода з тиском 0,4-0,5 МПа недостатньо, то застосовують гідропривод з питомим тиском 2,5-4,0 (до 10) МПа;

3) для правильної установки пристроїв відносно робочих органів верстата, необхідно передбачати дві орієнтуючі шпонки (рідше пальці) на опорній поверхні пристрою (рис. 4.17), які входять у центральний Т-подібний паз стола верстата, виконаний за $H9$ (іноді за $H7$);

4) для правильного попереднього виставлення фрези на заданий розмір обробки, в пристрої необхідно передбачити висотні або кутові установи (рис. 4.18), які дозволяють за допомогою щупа попередньо виставити фрезу.

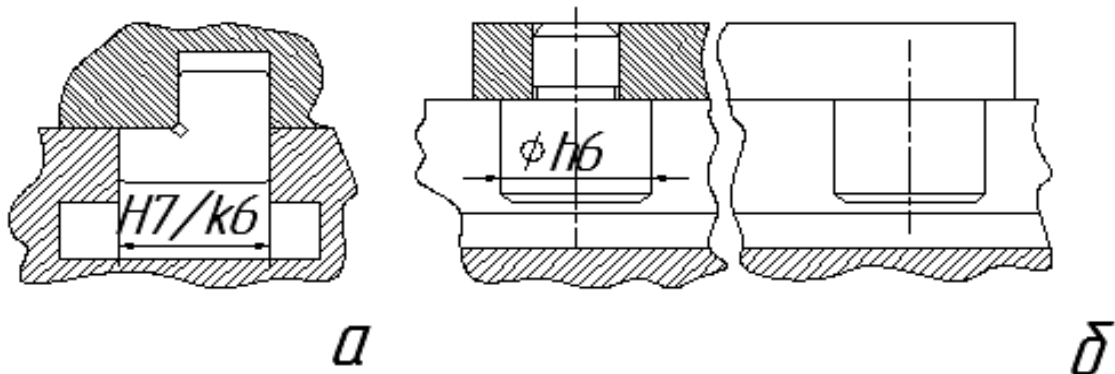


Рис. 4.17. Орієнтуючі елементи фрезерних пристроїв

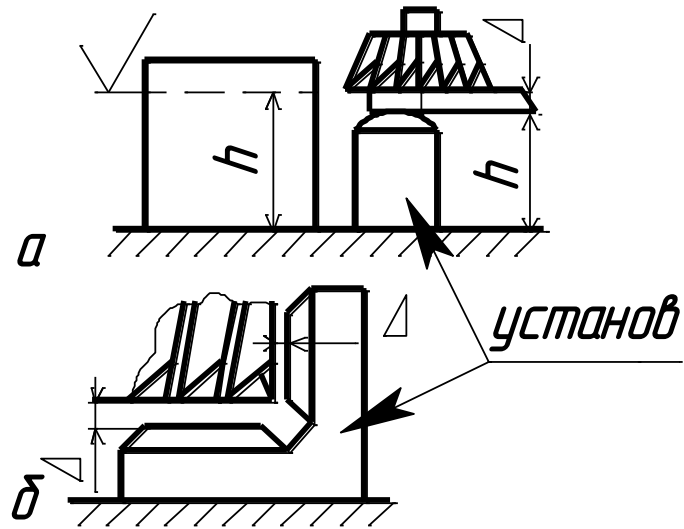


Рис. 4.18. Висотний (а) і кутовий (б) установи у фрезерних пристроях

4.5. Приклад аналізу і описання конструкції пристрою

Послідовність виконання лабораторної роботи розглянемо на прикладі пристрою, показаного на рис. 4.19.

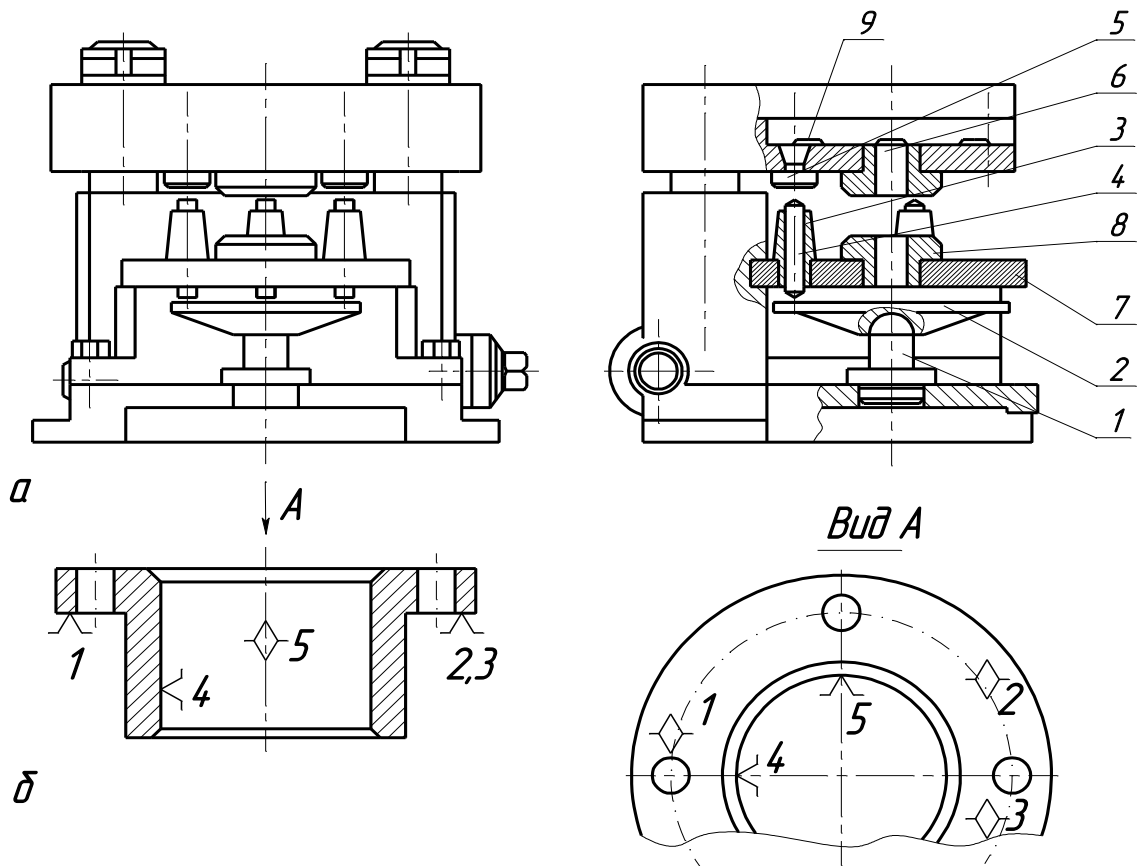


Рис. 4.19. Ескіз скальчастого кондуктора (а) і оброблюваної деталі (б)

Це скальчастий кондуктор з ручним приводом, який призначений для свердління 4-х отворів, які рівномірно розміщені по колу. Установочними елементами пристрою є три опорні штирі 5 та два короткі центруючі пальці 6 і 8. Закріплення заготовки виконується опусканням кондукторної плити і притисканням до опорних поверхонь на основі кондуктора. Такі опорні поверхні в розглядуваному пристрої виконані на плунжерах 3, які змонтовані в самоустановному диску 2. Це дозволяє забезпечити самоустановку плунжерів 3 відносно оброблюваної заготовки. Для направлення плунжерів служать втулки 4. Направлення інструмента забезпечується швидкозмінними кондукторними втулками 9.

Можна припустити, що оброблювана в розглядуваному пристрої заготовка – тіло обертання. Дійсно, після установлення вона має один ступінь вільності- можливість обертання навколо осі пальців 6 і 8, тому що ніяких елементів, які обмежують таке переміщення, у пристрої немає. Це означає, що заготовка не має яких-небудь поверхонь, які зв'язані координуючим розміром з кутовим положенням чотирьох оброблюваних отворів, що спостерігається звичайно при обробці тіл обертання. У верхній частині заготовки виконаний бурт або фланець, в якому свердлять отвори. Це підтверджується наявністю плунжерів 3, опорні поверхні котрих розміщені значно вище площини зрізу пальця 8. При контакті з усіма установочними поверхнями, заготовка, маючи один ступінь вільності, базується на семи жорстких точках (по дві на центруючі пальцях і три опори на торцевій площині). Наявність двох зайвих жорстких опорних точок означає, що один з центруючі пальців служить для попереднього центрування заготовки при установці в пристрої, а другий – для остаточного центрування після опускання кондукторної плити. Остаточне центрування забезпечується пальцем 6, який змонтовано на плиті. Для забезпечення однозначного положення заготовки і усунення пасивних зв'язків (правило шести точок), диск 2 установлений на шарнірі 1.

Таким чином, розглянутий пристрій призначений для обробки чотирьох отворів у фланці заготовки типу втулки з буртом, яка має центральний отвір. Ескіз деталі показаний на рис. 4.19, б.

Аналогічним чином виконують аналіз будь-яких інших пристроїв, які запропоновані викладачем.

4.6. Контрольні запитання для самоперевірки

1. Як класифікують пристрої для обробки на металорізальних верстатах?
2. Які основні елементи верстатних пристроїв і їх призначення?
3. Що таке базування, бази, і як їх класифікують?

4. У чому суть базування заготовки в трьохмірному просторі і правила шести точок?
5. Яка схема базування заготовок типу паралелепіпеда і які визначення
6. установочної, направляючої і опорної бази?
7. Яка схема базування за довгими зовнішніми поверхнями обертання?
8. Яка схема базування за короткими зовнішніми поверхнями обертання?
9. Яка схема базування за довгими внутрішніми поверхнями обертання?
10. Яка схема базування за короткими внутрішніми поверхнями обертання?
11. Яка схема базування за довгими конічними поверхнями?
12. Яка схема базування за короткими конічними поверхнями і схема базування вала в центрах?
13. Яка схема базування за площиною і двома точними отворами на ній?
14. Що таке похибка установки із чого вона складається?
15. Які вимоги пред'являються до затискних елементів пристроїв?
16. Яка послідовність розробки креслення пристрою для обробки на МРВ?
17. Які вимоги враховують при аналізі конструкції пристрою?
18. Які особливості проектування пристроїв для токарних верстатів?
19. Які особливості проектування пристроїв для свердлильних верстатів?
20. Які особливості проектування пристроїв для фрезерних верстатів?
21. Які особливості проектування пристроїв для свердлильних верстатів?
22. Які особливості проектування пристроїв для фрезерних верстатів?

Список літератури

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для студ. вузов / Базров Б.М. - М. Машиностроение, 2007. - 736с.
2. Богуслаев В.А. Основы технологии машиностроения: Учебное пособие для студ. вузов / Богуслаев В.А., Цыпак В.И., Яценко В.К. - Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2006. - 335с.
3. Картавов С.А. Технология машиностроения (специальная часть) / Картавов С.А. - К.: Выщ. шк., 1984.- 272с.
4. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Ученик для студ. машиностроит. спец. вузов / Колесов И.М. - М.: Высшая школа, 2001. - 591с.
5. Маталин А.А. Технология машиностроения. / Маталин А.А. - Л.: Машиностроение, - 1985. - 496с.
6. Методичні вказівки з дисципліни «Проектування технологічної оснастки» (до виконання розрахунково-графічної роботи). Укл. П.А. Павліченко і інш., - К.:КШ, 2006.-76с.
7. Махаринский Е.И. Основы технологии машиностроения: Учебник для студ. машиностроит. спец. вузов / Махаринский Е.И., Горохов В.А. - Минск: Вышэйшая шк., 1997. - 423с.
8. Передрей Ю.М. Технология машиностроительного производства: Учебн. пособие / Передрей Ю.М. - Пенза: Издательство Пензенского гос. ун-та, 2001. - 229с.
9. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- М.: Машиностроение, 2003. Т.1-2.
10. Станочные приспособления. Справочник / Ред. совет: Б.В. Вардашкин (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1984. Т.1-2.
11. Терликова Т.Ф. Основы конструирования приспособлений / Терликова Т.Ф., Мельников А.С., Баталов В.И. - М.: Машиностроение, 1980. - 120с.
12. Технология машиностроения: Учебн. для студ. машиностроит. вузов / Якимов А.В., Царюк В.Н., Якимов А.А. и др. под ред. Якимова А.В. - О.: Астропринт, 2001. - 602с.
13. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, В.Д. Гончаров, О.О. Залога; за заг. ред. В.О. Залого. - Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.
14. Теорія різання: методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів напряму підготовки бакалаврів 0505 «Інженерна механіка» / Укладачі: В.Г. Біланенко, О.О. Мельник, В.М. Кореньков.- К :НТУУ «КПІ», 2010 – 116 с.

15. Черпаков Б.И., Брук И.В. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы. Практическое пособие в 14 кн.: Кн.1. Черпаков Б.И., Брук И.В. Гибкие механообрабатывающие производственные системы / Под. ред. Черпакова Б.И. – М.: Высшая школа, 1989.- 127 с.: ил.
16. Черпаков Б.И., Земляной В.В., Феофанов А.Н., Бандзеладзе Г.З., Жукова Э.Л. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы. Практическое пособие в 14 кн.: Кн.10. Черпаков Б.И., Земляной В.В., Феофанов А.Н. и др. Гибкие автоматизированные линии массового и крупносерийного производства. / Под. ред. Черпакова Б.И. – М.: Высшая школа, 1989.- 112 с.: ил.
17. Давыгора В.Н. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы. Практическое пособие в 14 кн.: Кн.13. ГПС для сборочных работ. / Под. ред. Черпакова Б.И. – М.: Высшая школа, 1989.- 110 с.: ил.

Зміст

Лабораторна робота № 1. Інструментальні матеріали.....	3
1.1. Вимоги до інструментальних матеріалів.....	3
1.2. Вуглецеві інструментальні сталі.....	4
1.3. Леговані інструментальні сталі.....	5
1.4. Швидкорізальні сталі.....	5
1.5. Рекомендації щодо вибору інструментальних сталей.....	7
1.6. Металокерамічні тверді сплави.....	8
1.7. Класифікація інструментальних матеріалів за міжнародним стандартом ISO 513-75.....	11
1.8. Мінералокерамічні пластини та алмази.....	13
1.9. Контрольні запитання для самоперевірки.....	14
Лабораторна робота № 2. Конструкції і геометричні параметри різальних інструментів.....	15
2.1. Різці.....	16
2.1.1. Загальні терміни і поняття.....	16
2.1.2. Основні елементи і геометричні параметри різців.....	17
2.1.3. Вимірювання геометричних параметрів різця.....	21
2.2. Багатолезові інструменти.....	22
2.2.1. Свердла.....	22
2.2.2. Зенкери і розвертки.....	25
2.2.3. Фрези.....	28
2.2.4. Протяжки.....	30
2.2.5. Вимірювання геометричних параметрів багатолезових інструментів.....	31
2.3. Контрольні запитання для самоперевірки.....	35
Лабораторна робота № 3. Вивчення компоновки, технологічних можливостей і основних рухів робочих органів верстатів.....	36
3.1. Загальні відомості і вказівки.....	36
3.1.1. Класифікація металорізальних верстатів (МРВ).....	36
3.1.2. Класифікація рухів у верстатів.....	38
3.1.3. Верстати з числовим програмованим керуванням (ЧПК).....	39
3.2. Верстати токарної групи.....	43
3.2.1. Токарно-гвинторізні верстати.....	43
3.2.2. Токарно-револьверні верстати.....	47

3.2.3.	Токарно-карусельні верстати.....	49
3.2.4.	Інші типи токарних верстатів.....	51
3.3.	Свердлильні і розточувальні верстати.....	52
3.3.1.	Свердлильні верстати.....	52
3.3.2.	Установка і кріплення заготовок і інструмента на свердлильних верстатах.....	55
3.3.3.	Розточувальні верстати.....	58
3.4.	Фрезерні верстати.....	59
3.4.1.	Типи верстатів.....	59
3.4.2.	Види виконуваних робіт і кріплення інструмента.....	63
3.5.	Стругальні верстати.....	66
3.5.1.	Типи верстатів.....	66
3.5.2.	Інструмент і його кріплення.....	67
3.5.3.	Установка заготовок і види виконуваних робіт.....	68
3.6.	Багатоопераційні верстати.....	70
3.7.	Гнучке автоматичне виробництво.....	72
3.8.	Шліфувальні верстати.....	76
3.9.	Контрольні запитання для самоперевірки.....	79
Лабораторна робота № 4. Вивчення верстатних пристроїв.....		82
4.1.	Загальні відомості і вказівки.....	82
4.1.1.	Класифікація пристроїв.....	82
4.1.2.	Основні елементи верстатних пристроїв.....	84
4.1.3.	Бази і їх класифікація.....	85
4.1.4.	Базування заготовок у пристроях.....	86
4.1.5.	Проектування пристроїв і точність установки заготовки..	91
4.2.	Пристрої для токарних верстатів.....	96
4.3.	Пристрої для свердлильних верстатів (кондуктори).....	99
4.4.	Пристрої для фрезерних верстатів.....	101
4.5.	Приклад аналізу і описання конструкції пристрою.....	104
4.6.	Контрольні запитання для самоперевірки	105
Список літератури.....		107
Зміст.....		109

Навчальне видання

Добрянський Станіслав Спиридонович, к. т. н., доц.
Малафєєв Юрій Михайлович, к. т. н., доц.
Субін Анатолій Анатолійович, к. т. н., доц.
Гриценко Василь Миколайович

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ

Навчальний посібник з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» до виконання лабораторних робіт і самостійної роботи студентів інженерно-хімічного факультету та механіко-машинобудівного інституту

Відповідальний
редактор

Ю. В. Петраков, д-р техн. наук, проф.

Рецензенти

В. П. Котляров, д-р техн. наук, проф.
С.В. Сохань, д-р техн. наук, с. н. с.

*Гриф надано Методичною радою НТУУ «КПІ
ім Ігоря Сікорського»*

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018