

Залюбовський М.Г.,
Малишев В.В.

МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УНІВЕРСИТЕТ «УКРАЇНА»

М.Г. Залоюбовський, В.В. Малишев

МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ

Навчальний посібник

Київ
Університет «Україна»
2020

*Рекомендовано до друку
Науково-методичною радою Університету «Україна»
(протокол №4 від 27.12.2019 р.)*

Авторський колектив:

Залюбовський Марк Геннадійович – канд. техн. наук;

Малишев Віктор Володимирович – д-р техн. наук, проф., заслуж.
діяч науки і техн. України.

Рецензенти:

Сукач М. К. – доктор технічних наук, професор, професор
кафедри будівельних машин Київського національного університету
будівництва та архітектури.

Якимчук М. В. – доктор технічних наук, доцент, професор
кафедри мехатроніки та пакувальної техніки Національного
університету харчових технологій.

Залюбовський М.Г.

Машини та обладнання підприємств: навч. Посібник / М.Г.
Залюбовський, В.В. Малишев. – К.: Університет «Україна», 2020. – с.

ISBN 978-966-388-593-3

У посібнику представлено загальну базову інформацію щодо
характеристики технологічного обладнання, конструкцій та вузлів
промислових верстатів, що використовуються в машинобудуванні, описано
основні технологічні процеси металообробки, а також гальувальні процеси.

Для студентів ВНЗ галузі знань 27 «Транспорт», спеціальності 274
«Автомобільний транспорт», галузі знань 13 «Механічна інженерія»,
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» та 131 «Прикладна
механіка».

ISBN 978-966-388-593-3

DOI: <https://doi.org/10.36994/978-966-388-593-3-2020-121>

УДК 621.7

© Залюбовський М.Г.,

Малишев В.В., 2020

© Університет «Україна», 2020

ПЕРЕДМОВА

Навчальний посібник «Машини та обладнання підприємств» є опорним літературним джерелом в межах вивчення курсу «Машини та обладнання підприємств», а також частково в межах вивчення дисциплін «Технологія машинобудування» та «Технологічні основи машинобудування», які викладаються студентам ВНЗ галузі знань 27 «Транспорт», спеціальності 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 13 «Механічна інженерія», спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» та 131 «Прикладна механіка». Основне завдання посібника – це чітко та зрозуміле викладення матеріалу, знання якого дасть можливість майбутнім фахівцям зазначених напрямів підготовки отримати базові знання щодо класифікації та принципів роботи металорізальних верстатів, а також іншого технологічного обладнання, яке широко використовується на машинобудівних підприємствах, дозволить орієнтуватися у основних технологічних операціях, які реалізуються на відповідному обладнанні. Таким чином, викладений матеріал є необхідним для отримання знань щодо технологічних операцій, які реалізуються в машинобудівній галузі.

Після кожного розділу представлено завдання для самоконтролю студентів, які сприятимуть кращому засвоєнню викладеного в посібнику матеріалу та стимулюватимуть студентів до самостійної роботи над відповідним матеріалом.

В кінці посібника представлені тестові завдання для можливості проведення\ проміжних атестацій студентів, а також можливості ще краще засвоїти викладений матеріал.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ МІКРОНЕРІВНОСТЕЙ ТА ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ.....	7
1.1. Загальна характеристика шорсткості та хвилястості поверхні.....	7
1.2. Методи оцінки шорсткості поверхні.....	11
РОЗДІЛ 2. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ. ТИПИ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ.....	15
РОЗДІЛ 3. ШЛІФУВАЛЬНІ, ПОЛІРУВАЛЬНІ ТА ПРОТЯЖНІ ВЕРСТАТИ.....	22
3.1. Шліфувальні верстати.....	22
3.2. Полірувальні верстати.....	25
3.3. Протягування.....	25
3.4. Протяжні верстати.....	27
РОЗДІЛ 4. ТОКАРНІ ВЕРСТАТИ. ОСНОВНІ РОБОТИ, ЯКІ ВИКОНУЮТЬСЯ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ.....	33
4.1. Загальні положення.....	33
4.2. Токарно-гвинторізний верстат 16K20.....	33
4.3. Токарно-лобовий верстат.....	36
4.4. Токарно-карусельний верстат.....	38
4.5. Основні роботи, які виконують на токарних верстатах.....	38
РОЗДІЛ 5. ТОЧІННЯ. ОСНОВНІ ТИПИ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ.....	43
5.1. Загальні положення.....	43
5.2. Поверхні на оброблюваній заготовці, координатні і січні площини.....	45
5.3. Вплив геометричних параметрів різця на процес різання.....	47
РОЗДІЛ 6. ФРЕЗЕРУВАННЯ. ФРЕЗЕРНІ ВЕРСТАТИ. ОСНОВНІ ВИДИ ФРЕЗЕРНИХ РОБІТ.....	48
6.1. Загальні положення.....	48
6.2. Консольно-фрезерні верстати.....	48
6.3. Основні види фрезерних робіт.....	51
РОЗДІЛ 7. ФРЕЗЕРУВАННЯ. ОСНОВНІ ТИП ФРЕЗ ТА ЇХНЄ ПРИЗНАЧЕННЯ.....	54
7.1. Загальні положення.....	54
7.2. Зустрічне та попутне фрезерування.....	55
7.3. Елементи режиму різання при фрезеруванні.....	55
7.4. Класифікація фрез.....	56

7.5. Основні геометричні параметри циліндричної і торцевої фрез.....	58
РОЗДІЛ 8. СВЕРДЛІННЯ. СВЕРДЛИЛЬНІ ВЕРСТАТИ. ДОПОМІЖНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ РОБОТИ ЗІ СВЕРДЛИЛЬНИМИ ВЕРСТАТАМИ.....	
8.1. Загальні положення.....	60
8.2. Основні типи свердильних верстатів.....	60
8.3. Допоміжні інструменти і пристрої до свердильних верстатів.....	62
ТЕМА 9. СВЕРДЛІННЯ. ОБРОБКА ОТВОРІВ НА СВЕРДЛИЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ, СВЕРДЛА, ЗЕНКЕРИ, РОЗВЕРТКИ.....	
9.1. Обробка отворів на свердильних верстатах.....	65
9.2. Свердла.....	67
9.3. Зенкери.....	69
9.4. Розвертки.....	70
РОЗДІЛ 10. БУДОВА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ДІЛИЛЬНИХ ГОЛОВОК.....	
10.1. Загальні положення.....	72
10.2. Будова універсальної ділильної головки.....	72
10.3. Простий поділ.....	73
10.4. Диференціальний метод поділу.....	74
РОЗДІЛ 11. МЕТОДИ ОБ'ЄМНОЇ ГАЛЬТУВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ.....	
11.1. Загальна характеристика об'ємних гальтувальних технологічних операцій.....	75
11.2. Методи механічного впливу технологічного середовища на оброблювану деталь.....	76
РОЗДІЛ 12. ОБЛАДНАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ОБ'ЄМНОЇ ГАЛЬТУВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ.....	
12.1. Класифікація та характеристика типів обладнання, що використовується для гальтувальних технологічних процесів.....	82
РОЗДІЛ 13. ХАРАКТЕР РУХУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОНАННІ ГАЛТУВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ.....	
13.1. Загальна характеристика режимів руху робочого середовища в середині рухомих ємкостей.....	93

13.2. Особливості реалізації режимів руху сипкого середовища в ємкостях, які виконують складний просторовий рух.....	95
ТЕСТОВІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРОМІЖНИХ АТЕСТАЦІЙ.....	101
Список літератури.....	112

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ МІКРОНЕРІВНОСТЕЙ ТА ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

1.1. Загальна характеристика шорсткості та хвилястості поверхні

Якість поверхонь деталей машин і заготовок характеризується шорсткістю і хвилястістю поверхні, а також фізико-механічними властивостями поверхневого шару.

Шорсткість і хвилястість поверхні являються важливими факторами при оцінці якості поверхні.

При обробці різанням на обробленій поверхні створюється певна мікрогеометрія (шорсткість поверхні). Шорсткість, яку виміряно в напрямку руху подачі називають **поперечною шорсткістю**, а виміряну в напрямку головного робочого руху, при якому виконується різання, – **повздовжньою шорсткістю**. Як правило, повздовжня шорсткість характеризується меншою висотою нерівностей і при вимірюванні охоплюється поперечною шорсткістю.

Шорсткістю поверхні [1-3] називають сукупність нерівностей поверхні з відносно малим кроками на базовій довжині L , – це характеристика нерівностей, виражена у числових величинах, що визначають ступінь їхнього відхилення на базовій довжині від теоретично гладких поверхонь заданої геометричної форми. **Базовою довжиною L** називають довжину базової лінії, що використовується для виділення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні, і для кількісного визначення її параметрів. Базова лінія має задану геометричну форму і певне положення відносно профілю поверхні.

Шорсткість обробленої поверхні є наслідком пластичної деформації поверхневого шару деталі при створенні стружки, копіювання нерівностей ріжучих кромek інструменту і його тертя по деталі, викидання з поверхні часток матеріалу та інших причин.

Числові значення шорсткості поверхні визначають від єдиної бази, за яку прийнята середня лінія профілю m , тобто базова лінія, яка має форму номінального профілю і проведена таким чином, що в межах базової лінії середньоквадратичне відхилення профілю від цієї лінії мінімальне.

Шорсткість поверхні можна оцінювати одним, або декількома параметрами: середнім арифметичним відхиленням профілю R_a , висотою нерівностей профілю за десятьма точками R_z , найбільшою висотою нерівностей профілю R_{max} , середнім кроком нерівностей

профілю S_{mi} , середнім кроком нерівностей профілю за вершинами S_i , відносно опорною довжиною профілю t_p .

Перевагу необхідно віддавати таким параметрам: R_a , який характеризує середню висоту всіх нерівностей профілю. R_z – середню висоту найбільших нерівностей профілю, а також R_{max} - найбільшу висоту профілю. Параметри кроку- (S_{mi} , S_i та t_p) введені для врахування різної форми і різного взаємного розташування характерних точок нерівностей.

Схема шорсткості поверхні та її основні елементи зображені на рис. 1.1.

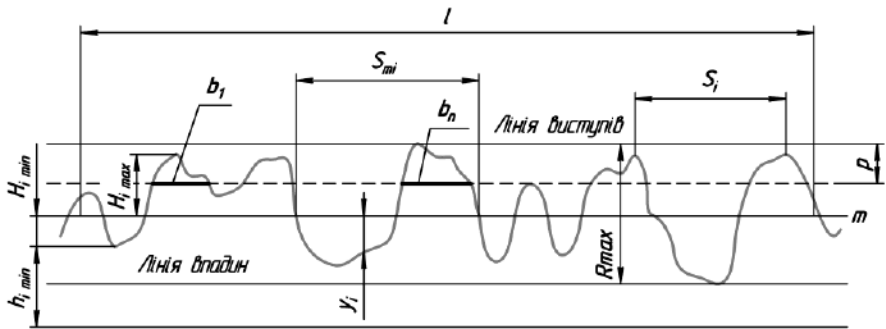


Рис. 1.1. Схема шорсткості поверхні та її основні елементи

Під хвилястістю поверхні розуміють сукупність нерівностей, які періодично повторюються, у яких відстань між суміжними виступами або западинами перевищує базову довжину L . Хвилястість займає проміжне положення між відхиленнями від форми і шорсткістю поверхні.

Шорсткість поверхні залежить від метода і режимів обробки, геометрії і якості доводки ріжучих кромek інструмента, властивостей матеріалу, що обробляється, а також умов в яких виконується обробка (вид змащування, способу закріплення заготовок, вібрацій тощо).

Серед режимів різання найбільш істотно на шорсткість поверхні впливають подача і швидкість різання. Форма ріжучої кромки інструмента також впливає на шорсткість поверхні.

Шорсткість поверхонь на креслениках деталі вказують для усіх поверхонь, що виконуються за цим креслеником, незалежно від методів їх утворення, крім поверхонь, шорсткість котрих не обумовлена вимогами конструкції. Структура позначення шорсткості поверхні наведена на рис. 1.2.

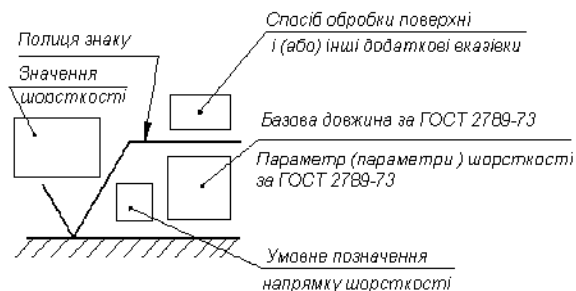


Рис. 1.2. Структура умовного позначення шорсткості на кресленнях

Вид обробки поверхні вказують у позначенні шорсткості [4, 5] тільки у випадках, коли він є єдиним, для отримання потрібної якості поверхні. У випадку, коли структуру (напрямок шорсткості) і спосіб обробки поверхні не вказують, знак шорсткості зображують без полиці.

Крім того, якщо знак шорсткості поміщають в правому верхньому куті кресленника (він відноситься до усіх поверхонь деталі), а якщо за ним, у дужках вказано символ шорсткості, то цей параметр відноситься до решти поверхонь, шорсткість яких не вказана безпосередньо. Деякі приклади позначень шорсткості наведені в таблиці 1.1.

Поперечну шорсткість можна обрахувати при співставленні двох суміжних положень різця, зміщених відносно один одного на величину подачі (рис. 1.3) за наближеними формулами, що представлені в таблиці 1.2.

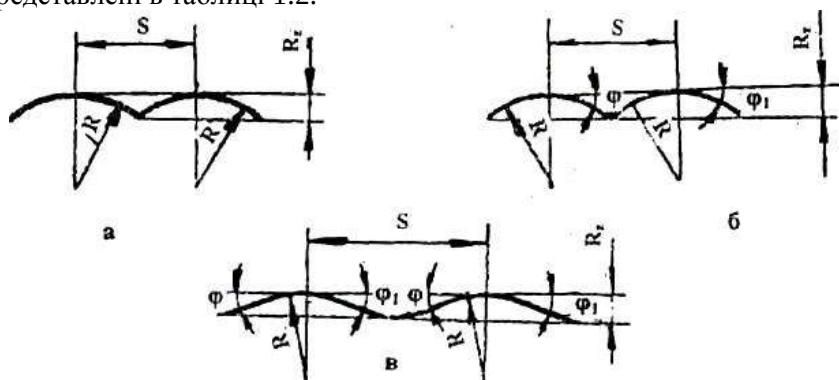


Рис. 1.3. Схема для розрахунків поперечної шорсткості

Таблиця 1.1

Умовне позначення	Пояснення
✓	Знак наноситься на поверхню, вид обробки якої конструктором не встановлюється.
✓	Знак вказує, що шорсткість поверхні досягається шляхом видалення шару матеріалу (точіння, фрезерування тощо).
✓	Знак вказує, що поверхність з відповідною шорсткістю утворена без зняття шару матеріалу (наприклад, за допомогою лиття).
0,5 R ₃₂ R _{max} 6,3	Індекс над знаком позначає величину параметра шорсткості, при цьому величина параметру R_a – вказується без символу, а інші параметри – після відповідного символу. Позначення вказують, що R_a – не більше 0,5 мкм; R_z – не більше 32 мкм; R_{max} – не більше 6,3 мкм.

Таблиця 1.2

Форма мікронерівностей	Формули для розрахунку висоти нерівностей, мкм
Випадок 1 (рис.1.2, а)	$R_z = R - 0,5\sqrt{4R^2 - S^2}$
Випадок 2, (рис.1.2, б)	$R_z = R (1 - \cos\varphi) + S \cdot \sin\varphi_1 \cdot \cos\varphi_1 - \sin\varphi_1 \sqrt{S \cdot \sin\varphi_1 - (2R - S \cdot \sin\varphi_1)}$
Випадок 3 (рис.1.2, в)	$R_z = \frac{\sin\varphi \cdot \sin\varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)} \left[S - R \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right) \right]$

В наведених формулах прийняті наступні позначення: R – радіус при вершині різця, мкм; S – подача, мм/об; (φ – головний кут різця в плані; φ_1 – допоміжний кут різця в плані).

Проте, безпосередні вимірювання показують, що фактична висота нерівностей інколи на багато перевищує теоретичну, яка розрахована за формулами, що враховують тільки геометричні параметри. Така розбіжність пояснюється тим, що в формулах, які базуються

виключно на геометричних параметрах інструменту не враховуються пластичні деформації поверхневого шару, пружне відновлення металу, виривання з основного металу окремих часток за гранями зерен і явищ, що пов'язані з виникненням наросту на ріжучих кромках інструменту.

В реальних умовах шорсткість обробленої поверхні, виникає в результаті взаємодії всіх перерахованих факторів. Вплив режимів різання і геометрії інструменту на висоту нерівностей, тобто на шорсткість поверхні, при обробці того або іншого матеріалу можна визначити експериментально, якщо змінювати в процесі обробки будь-який параметр і вимірювати шорсткість поверхні.

1.2. Методи оцінки шорсткості поверхні

Методи оцінки шорсткості поверхні можна розділити на *прямі* і *непрямі*.

Для *прямой оцінки шорсткості* (в мкм) застосовують щупові (профілометри і профілографи) і оптичні (подвійний і інтерференційний мікроскопи) прилади.

Для *непрямой оцінки* використовуються зразки шорсткості та інтегральні методи. Профілометри дозволяють вимірювати шорсткість 5-12 класу. Дія профілометра ґрунтується на торканні поверхні алмазною голкою, що рухається заданим шляхом [6].

Профілографи застосовують для запису мікропрофілю поверхні 3-14 класів у вигляді профілограм. При наступній обробці записаної профілограми можуть бути отримані значення R_a і R_z , для даної поверхні.

Подвійний мікроскоп призначений для виміру шорсткості поверхні 3-9 класів показником R_z .

Мікроінтерферометри використовують для виміру шорсткості поверхонь 10 – 14 класів за показником R_z .

Метод порівняння поверхні деталі, що контролюється з еталонними зразками шорсткості поверхні є найбільш простим і швидким способом контролю. Зразки (еталони) мають бути виготовлені з тих же матеріалів, що і деталі, які контролюють, оскільки відбиваюча здатність матеріалу (сталі, чавуну, кольорових сплавів тощо) має суттєвий вплив на візуальну оцінку шорсткості поверхні. Механічна обробка зразків повинна проводитися тими ж методами, що і деталь, яку піддають контролю.

Для поверхонь з шорсткістю вище 8-го класу рекомендується використовувати порівняльний мікроскоп, в якому зображення поверхні, що контролюється і зразка суміщені в поле одного і того ж самого окуляра, що розділений на дві рівні частини, і збільшені в 10 – 50 разів.

Інтегральні методи дають непряму оцінку шорсткості не за заданим шляхом, а за площею обраної ділянки поверхні. Даний метод контролю використовується, зокрема, в пневматичних приладах, якими користуються для оцінки шорсткості поверхні 3 – 9 класів. Непряма оцінка шорсткості полягає у визначенні кількості повітря, яке проходить крізь щілини, що викликані впадинами мікропрофіля і торцьовою поверхнею сопла пневматичної вимірювальної головки, яка опирається на поверхню, що досліджується. При зміні шорсткості поверхні змінюється площа перерізу, а разом з цим і опір струменя повітря з сопла. Налаштування приладу виконується за зразками шорсткості і за еталонними деталями.

В таблиці 1.3 представлено деякі параметри шорсткості та види обробки, що їх забезпечують.

Таблиця 1.3

Види обробки при формоутворенні	R_a , мкм	R_z , мкм	Базова довжина L , мм
Піскоструменева обробка, кування в штампах, відрізання, лиття в кокіль, лиття під тиском.	80; 63; 50 ; 40	320; 250; 200; 160	8,0
Кування в штампах, точіння чорнове, попереднє стругання, попереднє фрезерування, лиття в кокіль, лиття під тиском.	40; 32; 25 ; 20	160; 125; 100; 80	8,0
Кування в штампах, свердління, чорнове зенкерування, чорнове та чистове точіння, стругання, лиття в кокіль та під тиском.	20; 16,0; 12,5 ; 10,0	80; 63; 50; 40	8,0

Свердління, чорнове та чистове зенкерування, чорнове та чистове точіння, стругання, вальцювання, лиття в кокіл та під тиском.	10,0; 8,0; 6,3 ; 5,0	40; 32; 25; 20	2,5
Протягування, чистове точіння, зенкерування, свердління, стругання, вальцювання, високоточне литво, попереднє шліфування.	5,0; 4,0; 3,2 ; 2,5	20; 16; 12,5; 10,0	2,5
Чистове зенкерування, розвертування, протягування, чистове та тонке точіння, чистове стругання, попереднє та чистове шліфування, шабрування, вальцювання, прецизійне лиття.	2,5; 2,0; 1,6 ; 1,25	10,0; 8,0; 6,3	0,8
Чистове зенкерування, нормальне та точне розвертування, протягування, чистове та тонке точіння, тонке фрезерування, чистове шліфування.	1,25; 1,00; 0,80 ; 0,63	6,3; 5,0; 4,0; 3,2	0,8
Точне та тонке розвертування, протягування, чистове та тонке точіння, хонінгування, шабрування, вальцювання, прецизійне лиття.	0,63; 0,50; 0,40 ; 0,32	3,2; 2,5; 2,0; 1,60	0,8
Точне та тонке розвертування, протягування, тонке точіння, чистове та тонке шліфування, притирання, хонінгування .	0,32; 0,25; 0,20 ; 0,160	1,60; 1,25; 1,00; 0,80	0,25
Тонке розвертування, тонке шліфування, притирання, хонінгування.	0,160; 0,125; 0,10 ; 0,080	0,80; 0,63; 0,50; 0,40	0,25
Полірування, притирання, дзеркальне хонінгування, прецизійне лиття пластмас	0,080; 0,063; 0,050 ; 0,040	0,40; 0,32; 0,25; 0,20	0,25
Полірування, тонке притирання,	0,040;	0,20;	0,25

дзеркальне хонінгування, прецизійне литво пластмас	0,032; 0,025; 0,020	0,16; 0,125; 0,100	
Полірування, тонке притирання	0,020; 0,016; 0,012; 0,010	0,100; 0,080; 0,063; 0,050	0,08
Полірування, тонке притирання	0,012; 0,010; 0,008	0,050; 0,040; 0,032	0,08

Запитання для самоперевірки.

1. Фактори, що характеризують якість поверхні.
2. Що таке шорсткість поверхні?
3. Що таке хвилястість поверхні?
4. Які існують види шорсткості?
5. Назвіть параметри шорсткості та покажіть умовне позначення шорсткості на кресленнях.
6. Як режими різання впливають на шорсткість поверхні?
7. Який вплив чинить геометрія інструмента на шорсткість поверхні?
8. Які методи оцінки шорсткості поверхні Ви знаєте?
9. Прямі та непрямі методи оцінки шорсткості поверхні. Принцип, відмінності.
10. Яке обладнання використовується для виміру шорсткості поверхні?
11. Інтегральні методи оцінки шорсткості.
12. Формули, що використовуються для розрахунку величини шорсткості.

РОЗДІЛ 2. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ. ТИПИ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

За технологічним призначенням обладнання поділяють на декілька видів: метало­різальні верстати, ковальсько-пресове обладнання, деревообробне, ливарне, підйомно-транспортне тощо.

Кожен з видів обладнання за тією ж ознакою поділяється на групи: метало­різальні верстати – на токарні, свердлильні, фрезерні тощо. Групи, відповідно до конструктивного виконання, поділяються на типи й типорозміри, наприклад, токарні верстати – на токарно-гвинторізні, токарно-револьверні, токарно-карусельні та інші.

Маса – один із важливих параметрів, що впливає на трудомісткість ремонту обладнання. Зі зміною маси обладнання одного й того ж типорозміру значно змінюється співвідношення затрат праці та матеріалів на ремонт. За масою [7] обладнання поділяють на категорії: легке – до 1 т, середнє – до 10 т, велике – до 30 т, важке – до 60 т, особливо важке – до 100 т, унікальне – понад 100 т. Обладнання масою до 5 т відносять до транспортабельного, а понад 5 т – до нетранспортабельного. Транспортабельне доцільно доставляти для капітального ремонту на спеціалізовані ремонтні заводи (СРЗ) або в спеціалізовані ремонтно-механічні цехи (СРМЦ) виробничих об'єднань. Спеціалізований ремонт нетранспортабельного обладнання економічно доцільно виконувати виїзними ремонтними бригадами.

За ступенем автоматизації всі види обладнання поділяються на:

- **агрегат** (верстат, машина) з ручним керуванням – застосовується для виконання кожного окремого (робочого або холостого) ходу, з яких складається цикл оброблення деталі, потребує хоча б команди робітника;

- **напівавтомат** – агрегат, що виконує весь цикл оброблення деталі автоматично і потребує втручання робітника лише для початкового налагодження, установки та закріплення заготовок, Зняття оброблених деталей, а також команд на повторення циклу оброблення;

- **автомат** – агрегат, що виконує всі робочі і холості ходи циклу оброблення партії деталей (у тому числі й зняття оброблених деталей, установку та закріплення нових заготовок), потребує лише налагодження;

- **агрегат** (верстат, машина) з програмним керуванням – напівавтомат або автомат, керування Яким проводиться за задалегідь

складеною програмою, що легко замінюється.

Автомати можуть бути сполучені в автоматичні лінії.

Автоматична лінія – комплекс агрегатів, з'єднаних транспортною системою і пов'язаних системами електро-, гідро- і пневмоавтоматики.

Ділянка автоматичної лінії – це один або декілька агрегатів, що входять до складу автоматичної лінії, сполучених з іншими ділянками за допомогою накопичувачів.

Чим вищий ступінь автоматизації обладнання, тим більш високі вимоги висуваються до виконання правил технічної експлуатації, своєчасності та якості виконання технічного обслуговування та ремонту. Тому з підвищенням ступеня автоматизації збільшуються витрати праці на технічне обслуговування і ремонт, а також підвищується кваліфікаційна складність ремонту і технічного обслуговування.

За точністю [8] обладнання поділяють на п'ять класів: нормальної – Н, підвищеної – П, високої – В, особливо високої – А, особливої – С.

Верстати підвищеної точності П забезпечують точність обробки в середньому в межах 0,6 допустимих відхилень, одержуваних на верстатах нормальної точності.

Верстати високої точності В забезпечують точність обробки в межах 0,4, а особливо високої точності А – у межах 0,25 допустимих відхилень, одержуваних на верстатах нормальної точності.

Особливо точні верстата С призначені для досягнення найвищої точності й застосовуються для остаточного оброблення деталей типу ділильних коліс і дисків, еталонних коліс, вимірювальних гвинтів тощо. Допустимі відхилення на цих верстатах не перевищують 0,16 вір регламентованих для верстатів нормальної точності.

Клас точності визначає вимоги до точності деталей, що замінюються, і до точності складання верстатів. Він також дає змогу оцінити трудомісткість ремонту.

За ступенем універсальності металорізальні верстати розрізняють універсальні (загального призначення), спеціалізовані та спеціальні, **за рівнем автоматизації-універсальні**, напівавтоматичні й автоматичні.

Металорізальний верстат – це машина для розм'ягкої обробки заготовок, шляхом зняття припуску (стружки, шару матеріалу).

Усі металорізальні верстати поділяються на 12 груп (рис.2.2, 2.3).

1. Група токарних верстатів (рис. 2.2, *a-e*) призначена для оброблення поверхонь обертання. Об'єднуючою ознакою цієї групи є використання як руху різання обертального руху заготовок, різець рухається поступально (рух подачі).

2. Група свердлильних і розточувальних верстатів (рис. 2.2, *є-и*) об'єднує верстати, які застосовуються для оброблення круглих отворів свердлом або іншими різальними інструментами. Заготовка нерухома, а рух різання і подача здійснюються обертанням і поступальним рухом свердла.

3. Група шліфувальних верстатів (рис. 2.2, *т-ц*) включає в себе верстати, у яких різальним інструментом є абразивний круг, крім зубошліфувальних верстатів. Круг обертається (рух різання), а заготовка рухається поступально (плоске шліфування) або теж обертається й одночасно рухається поступально (кругле шліфування).

4. Група полірувальних верстатів характеризується тим, що в них як різальний інструмент використовуються бруски, абразивні стрічки, порошки й пасти.

5. Група зубообробних верстатів включає всі верстати для оброблення зубів коліс, у тому числі зубошліфувальні.

6. До групи фрезерних верстатів (рис. 2.2, *i-к*, рис. 2.3, *л-м*) належать верстати, у яких як різальний інструмент використовується, як правило, фреза (рис. 2.2, *б*). Вона обертається (рух різання), а заготовка рухається поступально (подача).

7. Група стругальних верстатів (рис. 2.3, *н-п*) складається з верстатів, у яких різець або заготовка рухаються поступально в двох перпендикулярних напрямках (рух різання і подачі).

8. Група розрізувальних верстатів включає всі типи верстатів, призначених для розрізування і розпилювання катаних матеріалів (прутків, кутиків, швелерів тощо).

9. Група протяжних верстатів (рис. 2.3, *р, с*) має загальну ознаку – використання як різального інструмента спеціальних багатолезових протяжок.

10. Група обладнання, що використовується для об'ємної гальтувальної обробки дрібних деталей. Включає в себе обробку деталей у рухомих ємкостях технологічним середовищем у вигляді вільних гранул та має загальну назву – гальтування [9]. Гальтування включає в себе оздоблювально-очищувальні технологічні процеси очищення поверхонь деталей від заусенцій, задирок, облою та окалин, продуктів корозії, заокруглення гострих країв, відділення деталей від

ливників, а також, процеси покращення якості поверхонь виробів: шліфування [10] та полірування.

11. Група різеобробних верстатів призначена для виготовлення деталей з різцю. Це різефрезерні, різешліфувальні, різенакатні та інші верстати (крім токарної групи).

12. Група різних і допоміжних верстатів об'єднує всі верстати, що не належать ні до однієї з перерахованих груп.

У всіх типах верстатів розрізняють два типи руху заготовки та різального інструменту: головний рух та рух подачі. В залежності від типу верстату ці рухи відрізняються між собою. Однак, для будь-якого верстату справедливим залишається твердження, що головний рух є швидшим за рух подачі, в незалежності від того, що рухається робочий орган верстату чи закріплена на ньому заготовка. Основні види обробки металів різанням на різних типах еврстатів представлено на рис. 2.1.

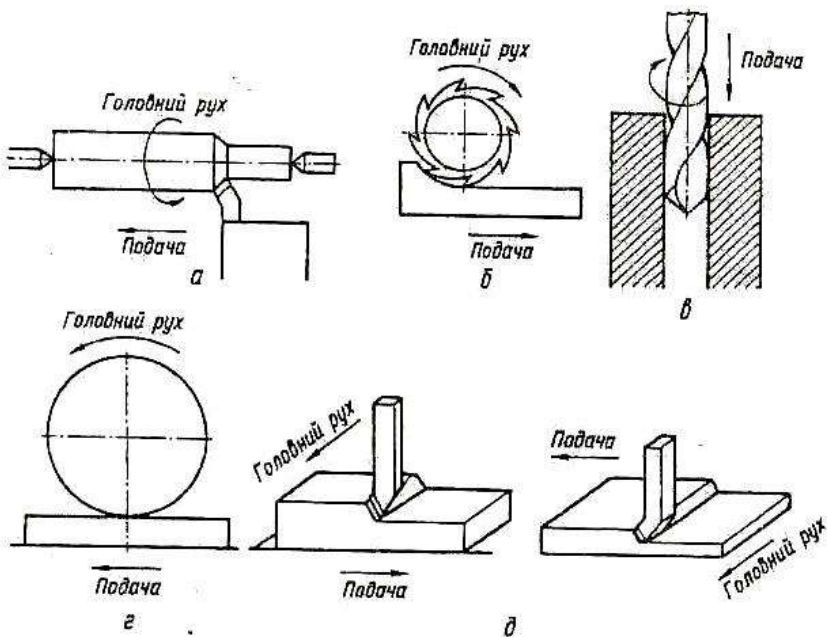


Рис. 2.1. Основні види обробки металів різанням: а – точння; б – фрезерування; в – свердління; г – шліфування; д – стругання

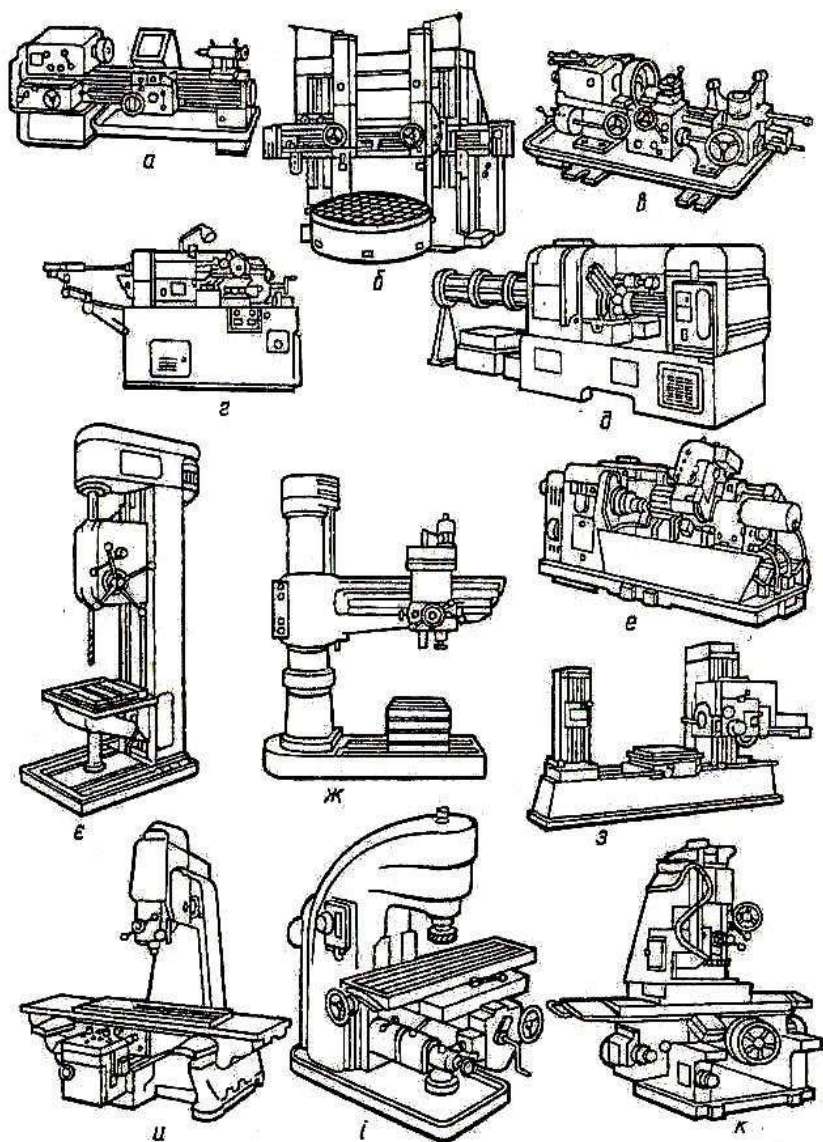


Рис. 2.2. Типи металорізальних верстатів

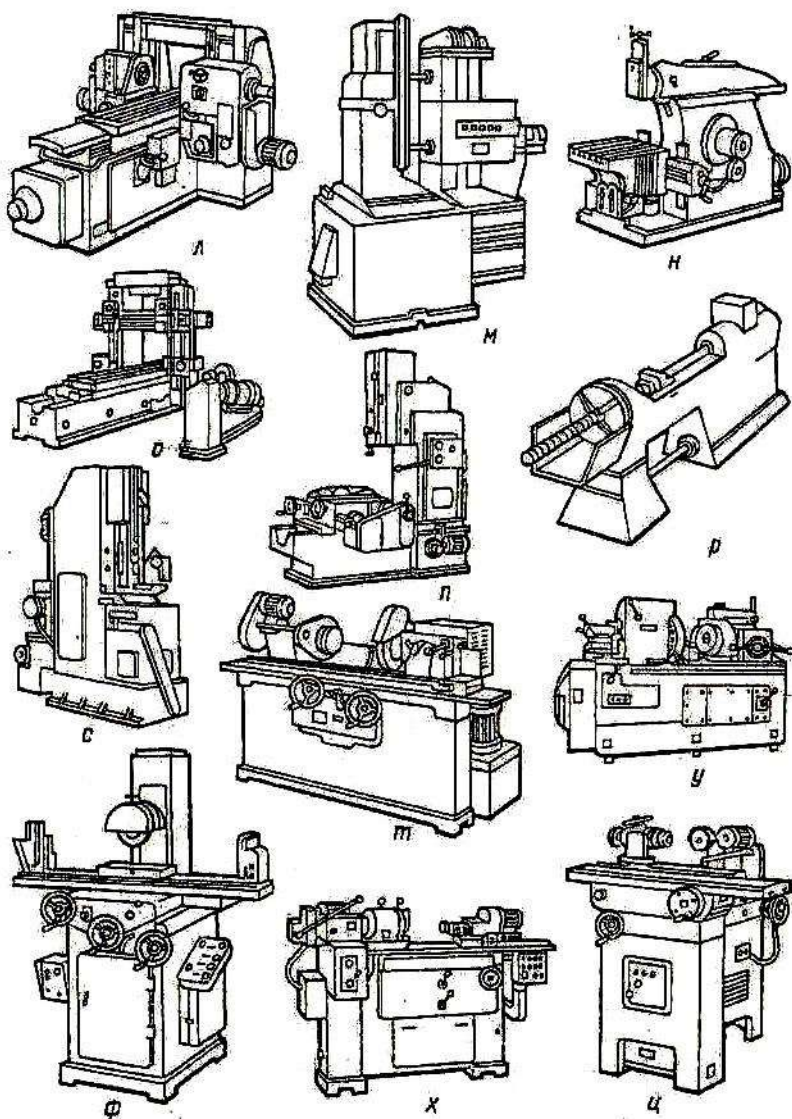


Рис. 2.3. Типи металорізальних верстатів

На верстатах токарної групи оброблюються, головним чином, деталі, що мають форму тіл обертання. Деталь обертається, а обробний різець переміщається вздовж або поперек деталі, здійснюється рух подачі (рис. 4, а). Поєднання рухів (керованих верстатником) деталі та різця дає змогу одержувати різні за формою поверхні: циліндричні, конічні, фасонні й сферичні – зовнішні і внутрішні, торцеві площини тощо. Токарні верстати в переважній більшості є токарно-гвинторізними, на них крім перерахованих видів поверхонь можна одержувати також гвинтові поверхні – нарізні.

На свердильних верстатах виконують свердління (рис. 5, є) зенкерування і розвертання отворів у деталях, а також нарізають різь мітчиками. З різних типів свердильних верстатів найбільше застосовуються вертикально-свердильні.

Запитання для самоперевірки.

1. Як поділяють обладнання за технологічним призначенням?
2. Які типи металорізальних верстатів Ви знаєте? Для чого призначена кожна з груп верстатів (наведіть приклади)?
3. На які різновиди поділяються всі види обладнання, за ступенем автоматизації?
4. Які основні види оброблювання металів різанням Ви знаєте?
5. На які різновиди поділяються металорізальні верстати, за масою?

РОЗДІЛ 3. ШЛІФУВАЛЬНІ, ПОЛІРУВАЛЬНІ ТА ПРОТЯЖНІ ВЕРСТАТИ

3.1. Шліфувальні верстати

При виконанні чистових і фінішних операцій усе ширше застосовуються шліфувальні верстати [10]. У сучасних умовах вони ефективно використовуються і для обдирного шліфування, забезпечуючи одночасно високу точність розмірів і необхідну шорсткість поверхні. На шліфувальних верстатах обробляють, головним чином, заготовлені деталі.

Найпоширенішими типами шліфувальних верстатів є такі:

плоскошліфувальні – для обробки різних площин;

круглошліфувальні – для обробки заготовок, що мають вісь обертання по зовнішній поверхні;

внутрішшліфувальні – для обробки внутрішніх отворів заготовок;

безцентрово-шліфувальні – для обробки зовнішніх поверхонь тіл обертання, що мають більшу в порівнянні з діаметром довжину, або заготовок типу кільце,

заточувальні – для заточення різного різального інструменту.

Плоскошліфувальний верстат – це високоефективний інструмент, широко застосовуваний на завершальних стадіях виробництва різноманітних деталей і заготовок. Стрічковий плоскошліфувальний електроінструмент застосовується для чистової обробки (точної обробки поверхонь, обдирання, очищення та ін.). Це обладнання широко використовується в різних сферах промисловості. З його допомогою обробляють сталь, мідь, леговані сталі, алюміній, кольорові метали, сплави.

Стрічкове обладнання використовується для усунення окалини, полірування, вирівнювання, видалення задирок і інших дефектів, а також для шліфувальних робіт після свердління, різання або штампування. Завдяки своїй конструкції і високоефективності, плоскошліфувальні верстати є найбільш вживаними агрегатами в металообробці. Плоскошліфувальний верстат представлений на рис. 3.1.

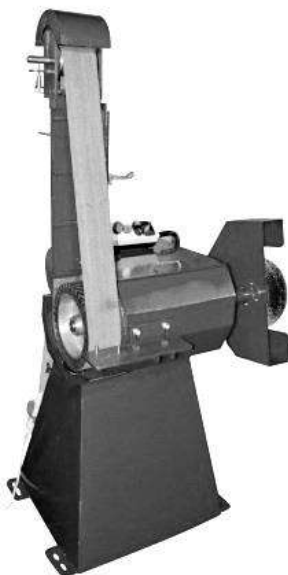


Рис. 3.1. Стрічковий плоскошліфувальний верстат

Процес шліфування полягає в зрізанні абразивним інструментом (круги, сегменти, бруски, головки) дрібних часточок.

На рис. 3.2, *а* зображено **круглошліфувальний верстат 3151**, призначений для шліфування зовнішніх циліндричних, конічних і фасонних поверхонь, і подана схема його роботи. Оброблюваний вал 11 (рис. 3.2, *б*), встановлений у центрах передньої бабки 1 і задньої бабки 3, одержує обертальний рух від передньої бабки, його швидкість 20-30 м/хв. Кругу 10 надається обертання від окремого електродвигуна, встановленого в корпусі шліфувальної бабки 2. Круг обертається зі швидкістю 35 м/сек у ту ж сторону, що і вал, причому він разом із шліфувальною бабкою здійснює поперечну подачу, що визначає глибину різання.

Стіл верстата, що складається з верхньої 4 і нижньої 5 плит, надається зворотно-поступальний рух по напрямних станини 7. На верхній плиті встановлені бабки 1 і 3, під час шліфування вони пересуваються з закріпленою між центрами деталлю. Верхню плиту можна встановлювати під кутом відносно нижньої, так її встановлюють при шліфуванні конусів. Довжина ходу стола регулюється упорами 8. Стіл переміщається за допомогою

гідроприводу зі штоком 6, змонтованого в станині 7 верстата. Швидкість переміщення стола регулюється безступінчато поворотом ручок 9 і дроселя, розташованого на передній стінці верстата. Поперечна подача круга здійснюється після кожного подвійного ходу стола.

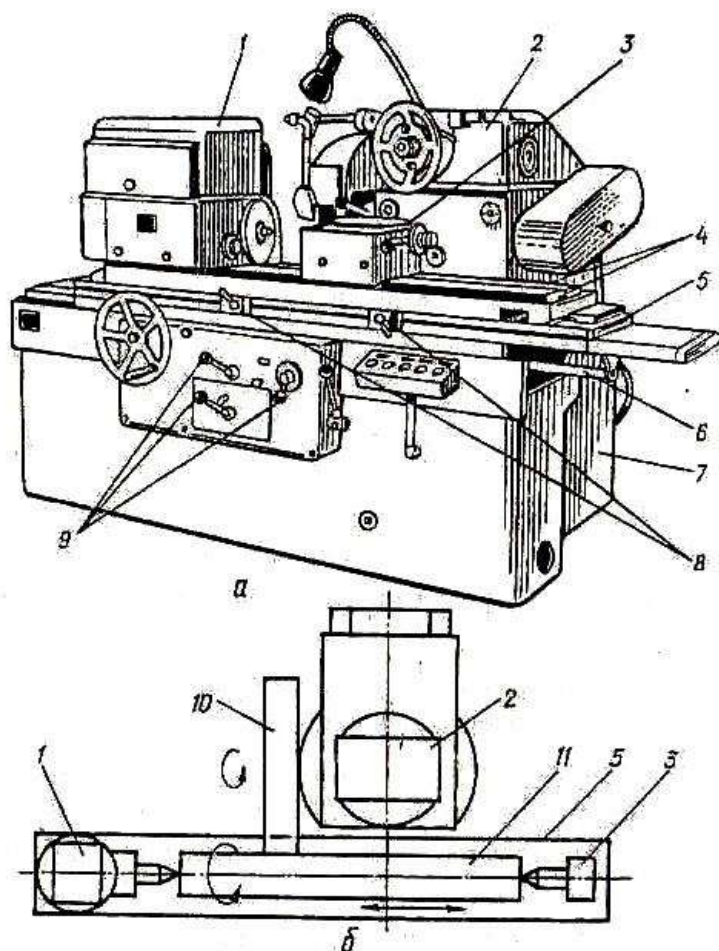


Рис. 3.2. Круглошліфувальний верстат 3151: а – загальний вигляд; б – схема роботи

3.2. Полірувальні верстати

Полірувальні верстати – верстати для полірування виробів з металу, деревини, скла чи інших матеріалів.

До полірувальних пристроїв деяких полірувальних верстатів належать круги або стрічки з фетру, повсті, бязі, байки тощо, що на них наносять, заздалегідь чи в процесі обробки, полірувальні пасти (порошки). Є полірувальні верстати з камерою, в якій вироби поліруються струменем рідини, що в ній містяться дрібнозернисті речовини. Для полірування по лакофарбових покриттях застосовують полірувальні верстати з обертовими барабанами, складеними з тканинних дисків. Розрізняють полірувальні верстати переносні і стаціонарні, напівавтоматичні й автоматичні.

3.3. Протягування

Протягування – це вид механічної обробки з використанням у якості інструменту протяжки [11].

Протяжка – багатолезовий інструмент, леза різальної ділянки якого розміщені одне за другим у напрямі головного руху різання, виступають одне над другим у напрямі, перпендикулярному до напрямку цього руху, який здійснюється без руху подавання.

Протягуванням можна обробляти внутрішні і зовнішні поверхні з використанням протяжок різного профілю.

Зокрема, використовується для обробки отворів різних типів, а також фасонних зовнішніх поверхонь. Забезпечує: точність виконання розмірів за квалітетами *IT8...IT6*, шорсткість поверхні після оброблення – R_a 2,5...0,8. Протяжка поєднує у собі різальні та калібрувальні зубці, які дозволяють виконувати чорнову та чистову обробку, що забезпечує необхідну точність.

Протяжки поділяють на внутрішні, призначені для обробки внутрішніх замкнутих поверхонь, і зовнішні – для обробки зовнішніх незамкнутих поверхонь. Кожна група включає різноманітні види протяжок, які відповідають різній формі поверхонь, що обробляються. За конструктивним виконанням протяжки можуть бути цільними і збірними. На рис. 3.3 представлено шпонкову протяжку.

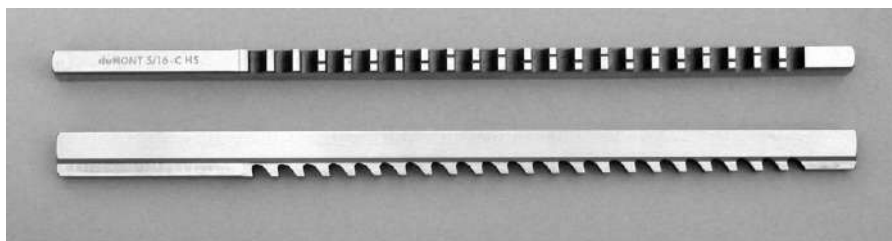


Рис. 3.3. Шпонкова протяжка

За напрямком різальних кромок відносно робочого руху розрізняють протяжки із гвинтовими або кільцевими зубцями.

За матеріалом, з якого виготовляються різальні частини, протяжки поділяються на протяжки із швидкорізальної сталі, твердосплавні й виготовлені з легованої інструментальної сталі.

За схемою різання розрізняють протяжки з профільною, генераторною і груповою схемами різання.

За кількістю протяжок в комплекті протяжки бувають однопрохідними і багатопрохідними (комплектні).

Найбільшого поширення у металообробленні набуло використання протягування для оброблення внутрішніх поверхонь різної форми – циліндричних, багатограних, зубчастих (шліцьових), а також шпонкових пазів в отворах.

В повзуні горизонтально-протяжного верстату закріплюється протяжка, яка пропущена через отвір деталі.

Протяжка за допомогою повзуна переміщується поступально, при цьому метал знімається малими шарами кожним зубцем протяжки. Висота зубців протяжки поступово збільшується, відповідно змінюючи поперечні розміри отвору.

Розрізняють такі складові частини протяжок:

Передній хвостовик – призначений для захвату протяжки патроном протяжного верстату;

Шийка – призначена для з'єднання хвостовика з основними елементами протяжки;

Передній конус – призначений для полегшення встановлення деталі перед протягуванням, довжина перехідного конусу 15-20 мм;

Передня напрямна частина – призначена для центрування заготовки перед протягуванням;

Робоча частина протяжки – призначена для одержання необхідних розмірів та точності отвору, що протягується;

Чорнова частина – призначена для зняття основного припуску;

Чистова частина – призначена для остаточної обробки отвору і повинна забезпечити необхідну точність та шорсткість обробленої поверхні;

Перехідна частина – призначена для поступового зниження зусиль протягування та виключення поломок протяжки та дефектів на оброблюваній поверхні;

Калібрувальна частина не знімає припуску, вона необхідна для зменшення та виключення розмірів оброблюваного отвору та є резервом для чистової частини після переозагострень;

Задня напрямна частина – призначена для виключення переходу протяжки під час роботи та для підтримання протяжки кареткою протяжного верстату;

Задній хвостовик використовується тільки на автоматизованих протяжних верстатах і необхідний для автоматизованого повернення протяжки у вихідне положення.

3.4. Протяжні верстати

Для виконання протяжних робіт використовують горизонтально-протяжні та вертикально-протяжні верстати. Прошивання, як правило, здійснюється за допомогою гідравлічних пресів.

Горизонтально-протяжні верстати застосовують переважно для внутрішнього протягування, а за допомогою спеціальних пристроїв їх можна використовувати для зовнішнього протягування

На рис. 3.4 показано зовнішній вигляд горизонтально-протяжного напівавтомата (модель 7523). На основній станині 1 змонтовано силовий циліндр 2 і гідростанцію. Керування верстатом здійснюється з пульта 3. Деталь, яка підлягає обробці, закріплюють або спирають на опорну планшайбу 4.

Протяжка 5 своїм заднім хвостовиком (направляючою) закріплюється в патроні каретки 7. Передній хвостовик закріплюють у патроні, змонтованому на штоку силового циліндра. Підведення та відведення протяжки здійснюється кареткою 7, яка пересувається за допомогою гідроциліндра, розташованого в приставній станині 9. Напівавтомат може працювати в режимах налагоджування, напівавтоматичному й автоматичному.

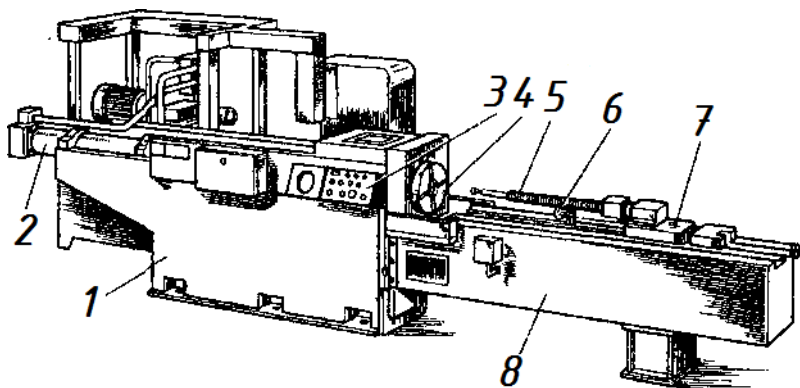


Рис. 3.4. Зовнішній вигляд горизонтально-протяжного автомата

Робота верстата відбувається в такій послідовності: деталь, що обробляється, встановлюють на планшайбу верстата; протяжка пропускається через отвір деталі і закріплюється переднім хвостовиком у патроні, встановленому на штоку силового циліндра; силовий циліндр переміщує шток і протяжка здійснює робочий хід після завершення протягування деталь знімається, а протяжка повертається на вихідну позицію.

Під час протягування деталь спирається на планшайбу, яку можна встановлювати на жорстку опору (рис. 3.5, *а*) або на шарову (рис. 3.5, *б*). Жорсткі опори використовують у випадках, коли опорний торець деталі підрізано перпендикулярно до осі отвору. Шарові опори використовують при протягуванні деталей з необробленими торцями.

За необхідності виконати протягування декількох однакових шпонкових пазів застосовують подільчі протяжні пристрої. На рис. 3.6 показано подільний пристрій для протягування трьох шпонкових пазів. Фіксація положення деталі відносно протяжки досягається за допомогою планки 1. Після протягування першого шпонкового йза деталь повертається доти, поки планка 1 не вийде в оброблений паз. Після цього обробляється другий шпонковий паз.

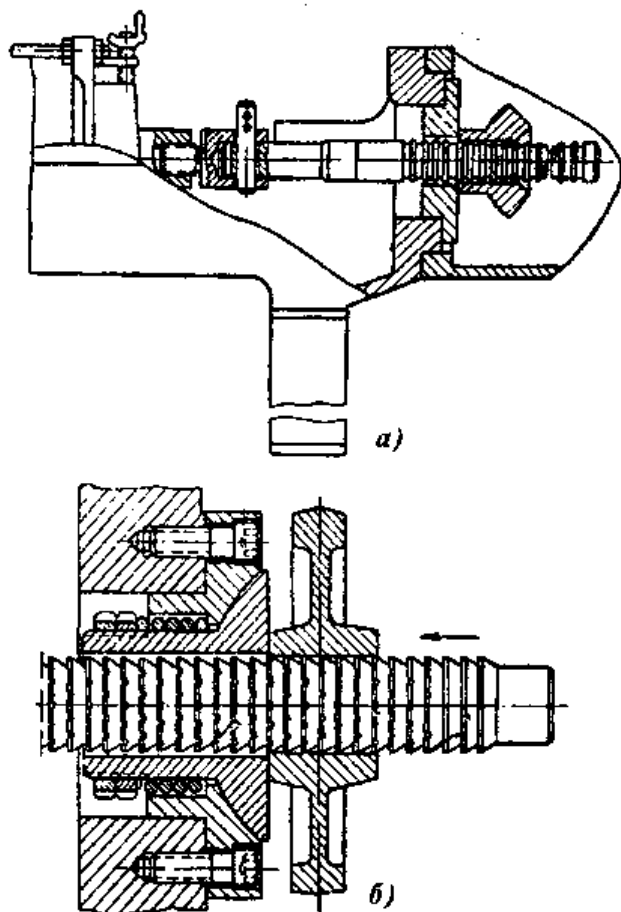


Рис. 3.5. Схеми встановлювання деталей на протяжних верстатах

Для закріплювання переднього хвостовика протяжки використовують патрони різних конструкцій. На рис. 3.7, *а* показано закріплювання циліндричного хвостовика протяжки за допомогою вилки 2. На рис. 3.8, *б* зображено конструкцію швидкозмінного патрона для закріплювання плоских протяжок, а на рис. 3.7, *в* – для закріплювання циліндричних протяжок. У патрон протяжка встановлюється з торця доти, поки кулачки 4 під дією пружини 6 не зайдуть до стояка.

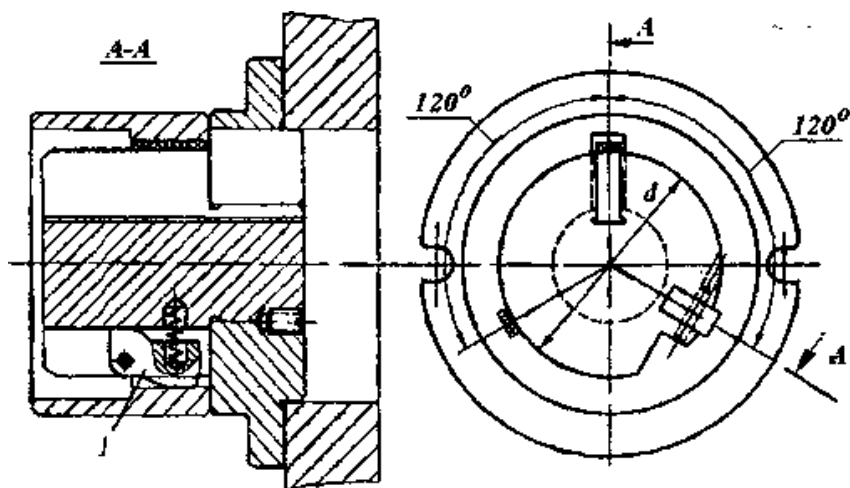


Рис 3.6. Конструкція подільного пристрою для протягування декількох (трьох) шпонкових пазів

Вертикально-протяжні верстати порівняно з горизонтально-протяжними зручніші в обслуговуванні та займають меншу площу. На цих верстатах протяжку закріплюють вертикально, що полегшує працю і підвищує її продуктивність. Верстати бувають для зовнішнього і внутрішнього протягування, їх застосовують для обробки легких та середніх за масою деталей.

Для нормальної роботи протяжок та отримання заданої точності та шорсткості оброблених поверхонь необхідна відповідна підготовка поверхонь під протягування та правильний вибір значення припусків. Попередню обробку поверхонь виконують на свердлувальних, токарних та фрезерних верстатах, можна також використовувати попереднє протягування. Значення припусків під протягування при обробці циліндричних отворів знаходяться в межах від 0,5 до 1,5 мм на діаметр. При зовнішньому протягуванні необроблених поверхонь значення припуску може бути в межах 2-6 мм, а попередньо оброблених - 0,25 – 1 мм. Шліци, шпонкові канавки та інші нециліндричні поверхні, як правило, попередньо не обробляють.

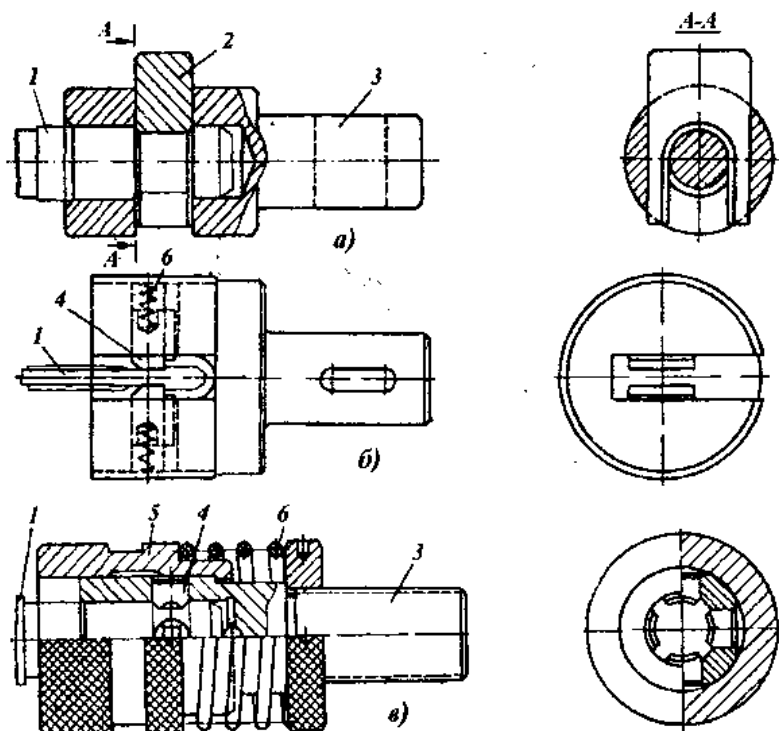


Рис. 3.7. Патрони для закріплювання протяжок

1 – протяжка, 2 – вилка, 3 – патрон, 4 – кулачки, 5 – муфта, 6 – пружина.

При застосуванні спеціальних пристроїв на протяжних верстатах можна виконувати складні роботи з утворення та обробки складних профілів. Наприклад, на протяжних верстатах можна обробляти спіральні канавки.

На рис. 3.8 показано дві схеми протягування спіральних канавок в отворах. У першому випадку використовують протяжки з гвинтовим зубцем і спеціальний пристрій, який забезпечує обертовий рух протяжки (рис. 3.8, а). При поступальному русі протяжка 1 отримує примусове обертання через дві шестерні 3 і 4 від вала 5, який має гвинтову канавку. За такого методу обробки заготовка 2 не обертається.

У другому випадку заготовка вільно обертається від самої протяжки 1, яка має гвинтовий зубець. Вільне обертання заготовки від протяжки забезпечується опорним підшипником 6.

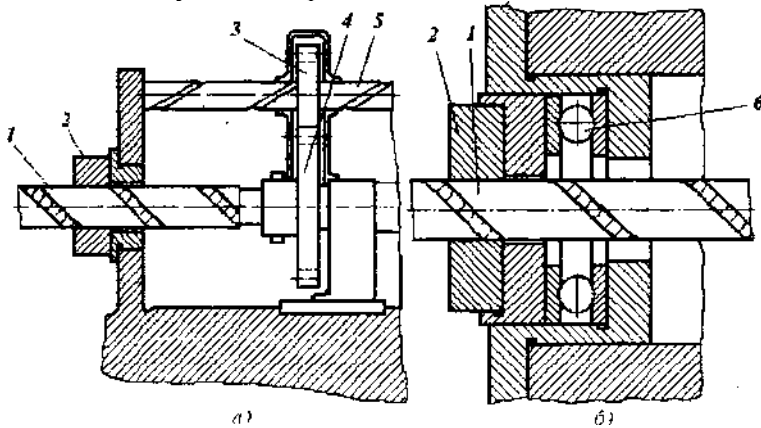


Рис 3.8. Схемги протягування гвинтових канавок в отворах

Високопродуктивними методами обробки зовнішніх поверхонь є неперервне і кругове протягування. При неперервному протягуванні протяжка закріплюється нерухомо, а заготовки, закріплені в пристроях, мають поступальний або обертовий рух. Кругове протягування здійснюється круглими протяжками, які обертаються, при цьому деталі нерухомо закріплені.

На машинобудівних підприємствах застосовують протягування зовнішніх поверхонь тіл обертання. При виконанні таких робіт можна застосовувати плоскі або циліндричні протяжки. При використанні плоских протяжок вони мають прямолінійний рух, а контактуюча з ними заготовка примусово обертається. Під час застосування циліндричних протяжок обробка здійснюється їх периферією, заготовка і протяжка примусово обертаються.

Запитання для самоперевірки.

1. Для чого застосовують шліфувальні верстати? Назвіть основні елементи конструкції шліфувальних верстатів.
2. Що таке протягування? Як саме виконується дана технологічна операція?
3. Які складові частини протяжки Ви знаєте? За що саме кожна частина відповідає?

РОЗДІЛ 4. ТОКАРНІ ВЕРСТАТИ. ОСНОВНІ РОБОТИ, ЯКІ ВИКОНУЮТЬСЯ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

4.1. Загальні положення

Усі токарні верстати належать [12] до першої групи і поділяються на такі типи: напівавтомати і автомати одношпиндельні; напівавтомати і автомати багатошпиндельні, револьверні, свердлильно-відрізні, карусельні, токарні і лобові, багаторізцеві, спеціалізовані, різні.

На верстатах токарної групи обробляють різні поверхні тіл обертання: циліндричні, конічні й фасонні, а також площини, перпендикулярні до осі обертання заготовки. Крім цього, на токарно-гвинторізних верстатах можна нарізати різцем різьби на циліндричних і конічних поверхнях, а також спіральні канавки на торцевих площинах заготовок.

З усіх типів верстатів токарної групи на машинобудівних заводах і в ремонтних майстернях найширше застосовують токарні, карусельні і револьверні верстати. Залежно від висоти центрів H над станиною токарні верстати поділяють на дрібні ($H \leq 5150$ мм), середні ($H = 150...300$ (5 мм) і великі ($H > 300$ мм). Найпоширенішими є середні токарно-гвинторізні верстати, типовим представником яких є верстат 16K20.

4.2. Токарно-гвинторізний верстат 16K20

Основні частини токарно-гвинторізного верстата (рис. 4.1) такі: станина 7, передня б і задня 11 бабки, коробка подач 3, супорт 8.

Станина є корпусом будь-якої машини і призначена для закріплення на ній передньої бабки і коробки подач та інших нерухомих частин, а також переміщення рухомих частин верстата. На верхній (лицьовій) її частині є напрямні, по яких переміщуються супорт і задня бабка.

Бабка – назва вузла, використовуваного в багатьох видах металорізальних або деревообробних верстатів. Бабка призначається для точного підтримки і переміщення оброблюваної на верстаті деталі щодо різального інструменту або обробної поверхні. Розташовується і кріпиться на станині. Залежно від положення в верстаті і виконуваних функцій бабка розділяється на кілька видів: передня бабка, задня бабка, шліфувальна бабка (у шліфувальних верстатах).

Бабка передня (шпиндельна бабка) – це вузол пов'язаний з

шпинделем, який повідомляє обертальний рух оброблюваної заготовки, деталі або інструменту. Заготовка, в свою чергу, може закріплюватися в (патроні затискному, цанзі або центрах).

У передній бабці розміщені головний вал верстата – шпиндель і коробка швидкостей, від якої з потрібною швидкістю отримує рух шпиндель із заготовкою. Шпиндель має наскрізний отвір для пропускання прутків, а в передній частині – конічний отвір для встановлення переднього центра.

Шпиндель – це вал (обертова деталь металорізального верстату), який оснащений пристроєм для закріплення виробу, що обробляється (заготовки) в затисненому патроні токарного верстату або різального інструменту на фрезерувальних чи свердлильних верстатах [13].

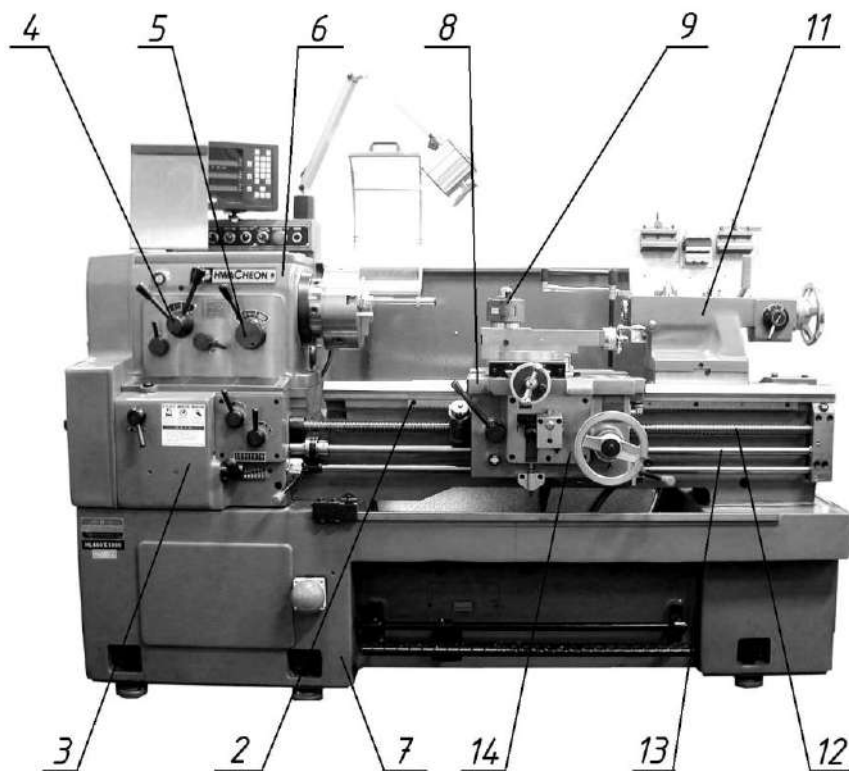


Рис. 4.1. Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстата

Коробка швидкостей забезпечує 22 варіанти частоти обертання шпинделя близько 12,5...1600 хв⁻¹ за допомогою блоків зубчастих коліс, які переміщуються рукоятками 4 і 5.

Задня бабка – елемент металорізальних верстатів (переважно токарної групи) служить для підтримки оброблюваної заготовки під час роботи в центрах, а також для закріплення інструментів при обробці отворів (свердел, зенкерів, розгортки) і нарізування різьб (мітчиків, плашок). Служить для додаткової підтримки матеріалу.

Задня бабка 11 призначена для підтримання за допомогою заднього центра правого кінця заготовок, а також для закріплення в конічному отворі рухомої частини бабки-пінолі свердла, зенкера або розвертки для обробки отворів. Бабка переміщується вручну по напрямних станини і може бути зафіксована в певному положенні. Піноль також переміщується в поздовжньому напрямі в корпусі бабки за допомогою гвинтової передачі і фіксується в потрібному положенні. Корпус задньої бабки можна переміщати на невелику відстань у поперечному напрямі.

Задня бабка верстата 16K20 обладнана пневматичним пристроєм, за допомогою якого між станиною і бабкою створюється повітряна подушка, що полегшує її переміщення і зменшує спрацювання напрямних.

Коробка подач 3 є складовою частиною механізму подач. Вона призначена для швидкого настроювання верстата на потрібну поздовжню або поперечну подачу. Механізм коробки подач набуває руху від шпинделя і передає його ходовому гвинту 12 або ходовому валу 13, від яких через механізм фартуха 14 він передається супорту 8. По рейці 2 супорт переміщується вручну.

Супорт застосовують для закріплення у встановленому на ньому' різцетримачі 9 інструментів і ручного або автоматичного їх переміщення. Він складається (рис. 4.2, а) з поздовжніх 7, поперечних 2 полозків, поворотного круга 6, виконаного як одне ціле з напрямними, по яких переміщується верхня каретка 5, і чотиригранного різцетримача 4.

Поздовжні полозки, а отже, і весь супорт можуть пересуватись автоматично або вручну по напрямних станини. Поперечні полозки переміщуються по поперечних напрямних поздовжніх полозків при обертанні гвинта поперечної подачі за допомогою рукоятки 7 або автоматично. Різцеві полозки можна переміщати по їхніх напрямних

тільки вручну. Поворотний круг 6 разом із різцевими полозками можна повертати навколо вертикальної осі на будь-який кут близько $\pm 90^\circ$. На поперечних полозках встановлюють задній різцетримач 3, який використовують для прорізання канавок. Верстат має тримач для центрового інструмента (рис. 4.2, б): свердел, зенкерів, розверток та ін.

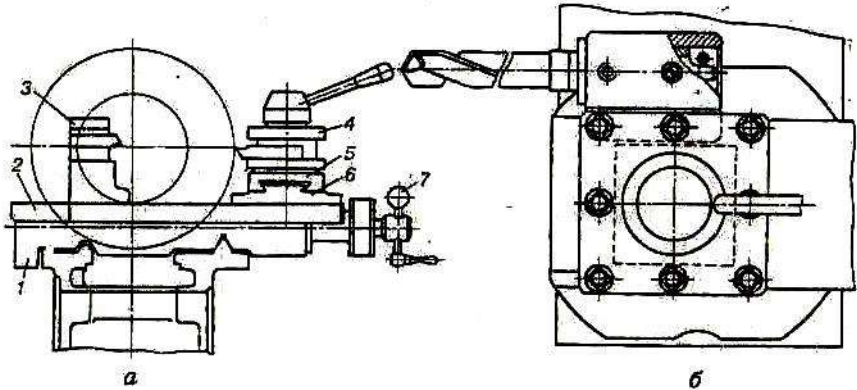


Рис. 4.2. Схема супорта верстата 16K20 (а) і тримача центрового інструменту (б)

До поздовжніх полозків супорта з різцетримачем 9 прикріплений фартух 14 (рис. 4.1), в якому розміщені механізми для перетворення обертального руху ходового гвинта і ходового вала в поступальний рух супорта, а також обертального руху ходового вала в поперечне переміщення поперечних полозків. Для безпечної роботи верстата у кожусі є відгородженням 7 і захисний відкидний екран.

4.3.Токарно-лобовий верстат

Токарно-лобові верстати відносяться до токарної групи верстатів. Використовуються для обробки заготовок, у яких діаметр значно перевищує довжину, наприклад для виготовлення шківів, маховиків, зубчастих коліс. Лобові верстати використовуються в одиничному виробництві та в ремонтних майстернях. На відміну від токарно-гвинторізних верстатів у них відсутня задня бабка, і планшайба, встановлена на шпинделі. Має великий діаметр (до 4 м).

Лобові верстати використовуються рідко, тому що точність обробки на них невисока, так як шпиндель згинається під вагою

планшайби та заготовки важко встановлювати, закріплювати, вивіряти – все це знижує продуктивність праці. В наш час лобові верстати замінені на досконаліші карусельні верстатами.

Загальний вигляд токарно-лобового верстату моделі 1А693 представлений на рис. 4.2.

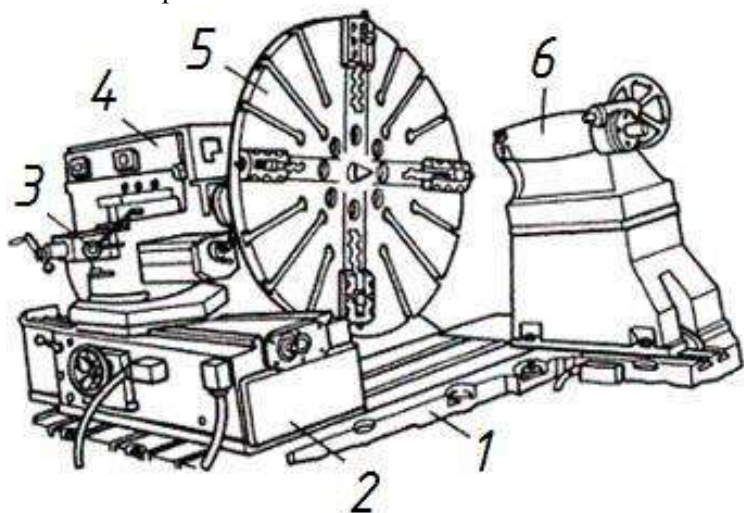


Рис. 4.2. Токарно-лобовий верстат моделі 1А693 – загальний вигляд.

Верстат має наступні основні вузли: плиту 1, передню бабку 4 з планшайбою 5, основу супорта 2, супорт 3 і задню бабку 6, встановлену на високу підставу.

Передня бабка в якій розміщена коробка швидкостей, жорстко закріплена на плиті; основу супорта з поздовжніми направляючими і задню бабку можна пересувати по плиті в потрібне положення і закріплювати на ній болтами, головки яких входять в пази плити.

Оброблюємо заготовка кріпиться на планшайбі в кулачках чи з допомогою прихватів і болтів; при необхідності заготовка може підтримуватися центром задньої бабки.

Ланцюг подач отримує рух від окремого електродвигуна і забезпечує механічне поздовжнє і поперечне переміщення супорта в широкому діапазоні швидкостей.

Для обслуговування верстата необхідно мати відповідне підйнятно-транспортне обладнання (тельфер, кран-балка тощо).

4.4. Токарно-карусельний верстат

Токарно-карусельний верстат – металорізальний верстат токарної групи, відмінною особливістю якого є вертикально розташований шпиндель для обробки великогабаритних деталей типу «диск», які встановлюються на горизонтально розташованій планшайбі.

Дане обладнання класифікується на одностоечні верстати та двостоякові. Планшайба такого верстата є горизонтальною, а сам верстат має вертикальну вісь обертання, саме тому висота виробу не повинна перевищувати допустимих розмірів.

Основними робочими вузлами токарно-карусельного верстата є стіл, на який і подається призначена для обробки заготовка. Вона закріплюється на планшайбі. В оснащенні верстата є дві спеціальні стійки, які з'єднані порталним елементом. За цим стійок відбувається переміщення такого елемента, як траверса, оснащена двома супортами. Один з супортів має револьверний тип, він служить для первинної обробки деталі, для підрізування кінців деталі, для її свердління й подібних робіт. Конструктивно супорт револьверного типу складається із спеціального повзуна, оснащеного револьверною деталлю, яка і виробляє вищеназвані роботи.

Другий супорт призначається для розточування поверхонь кінцевої форми, для прорізання отворів. Так само він виконує проточування в деталях внутрішніх отворів, так званих канавок. Його основним елементом є каретка, яка оснащена повзуном з різцем. Сама каретка є поворотною. У токарно-карусельних верстаті основний рух виконує планшайба, яка повертається, і повертає, таким чином, встановлену на ній заготовку і вже другорядне рух виконує траверса з встановленими на ній робочими елементами. Траверса починає рухатися на мінімальному від заготовки відстані. Вся робота токарно-карусельних верстатів сучасної модифікації відбувається практично дистанційно, за допомогою управління через пульт або числове програмне керування.

4.5. Основні роботи, які виконують на токарних верстатах

Обробка циліндричних поверхонь, площин, прорізування канавок, відрізання [14]. Циліндричні поверхні обробляють при поздовжньому переміщенні супорта або різцевих ползків. Зовнішні циліндричні поверхні обробляють прохідними різцями, а внутрішні –

розточувальними. Пристосування для закріплення заготовок вибирають залежно від їх форми і розмірів. Заготовки типу валів, залежно від відношення їх довжини до діаметра, рекомендують кріпити так: при $l/d < 4$ – у патроні; при $4 < l/d < 10$ – у центрах; при $l/d > 10...12$ – у центрах з додатковою опорою заготовки на кулачки рухомого або нерухомого люнета.

Площини обробляють прохідними прямими і відігнутими, а також підрізними різцями з поперечною подачею (рис. 4.3). Прорізають канавки і відрізають заготовки також з поперечною подачею канавковими і відрізними різцями.

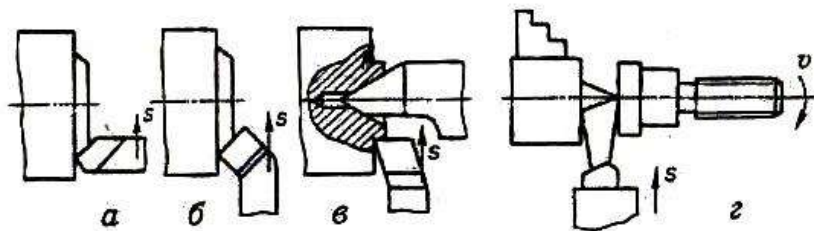


Рис. 4.3. Обробка площин (а, б, в) і відрізання різцями з нахилою кромкою (г)

При відрізуванні деталі різцями з нахилою кромкою не потрібна подальша обробка торця.

Внутрішні циліндричні поверхні обробляють центровими інструментами (свердлами, зенкерами, розвертками), які встановлюють в пінолі задньої бабки чи за допомогою державки в різцетримачі, або розточними різцями для наскрізних 12 і глухих 13 отворів.

Конічні поверхні обробляють різними методами. Різцем з похило розташованою різальною кромкою обробляють зовнішні 1 і внутрішні 2 конічні поверхні (рис. 4.4, а), довжина яких не перевищує 20...25 мм.

За допомогою повороту верхньої каретки супорта обробляють зовнішні й внутрішні конічні поверхні, довжина яких не перевищує довжини ходу різцевих полозків. Напрямні різцевих полозків встановлюють під кутом φ (рис. 4.4, б) до осі обертання заготовки, який дорівнює половині кута при вершині оброблюваного конуса.

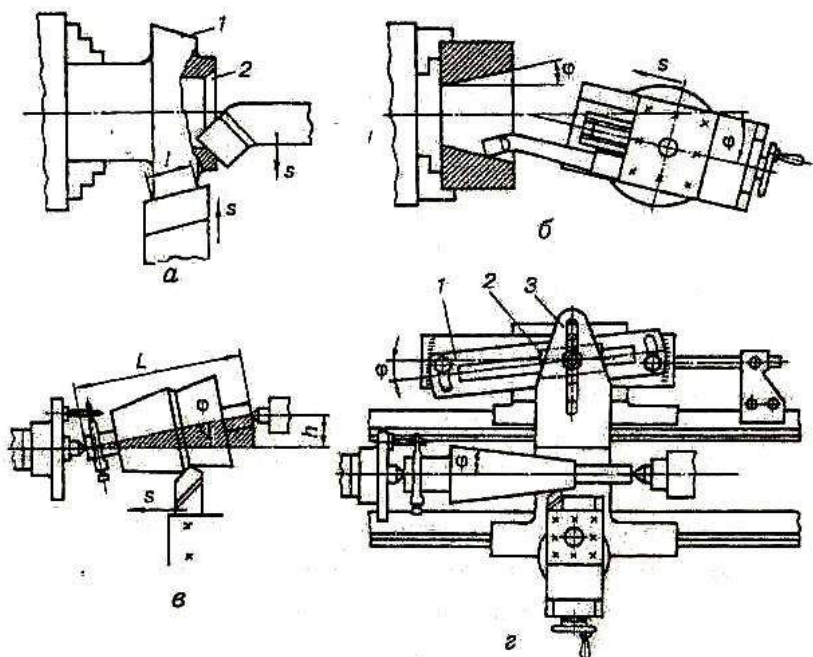


Рис. 4.4. Обробка конічних поверхонь на токарному верстаті

Методом зміщення задньої бабки обробляють тільки зовнішні конічні поверхні, в яких довжина твірної порівняно велика, а кут при вершині конуса не перевищує $10...12^\circ$. Заготовку в цьому випадку закріплюють у центрах, а корпус задньої бабки переміщують в поперечному напрямі на величину $h=L \cdot \sin \varphi$ (рис. 4.4, в).

Більш продуктивним і точним є метод обробки конусів за допомогою копійчальної конусної лінійки 1 (рис. 4.4, г), що кріпиться на кронштейні до станини. При автоматичній або ручній подачі супорта повзунок 2, тяга 3 і різець переміщуються паралельно твірній оброблюваного конуса.

Фасонні поверхні 1 незначної довжини обробляють фасонними різцями 2 з поперечною подачею (рис. 4.5). Фасонні поверхні значної довжини обробляють по копіях з використанням механічної, гідравлічної або електромеханічної слідкуючої системи.

У сучасних умовах усе більше поширюється обробка фасонних поверхонь на верстатах з ЧПК за заздалегідь складеною програмою.

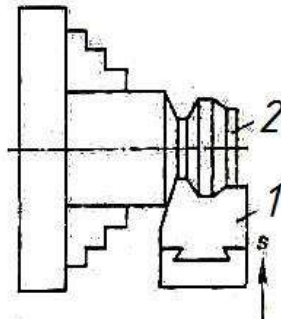


Рис. 4.5. Обробка фасонних поверхонь фасонним різцем

Нарізати різьбу на токарному верстаті можна плашками, мітчиками або різбовими різцями. Для нарізання різьби кроком $P_{н.р.}$ верстат настраюють так, щоб за кожний оберт шпинделя різець переміщався на крок $P_{н.р.}$, тобто:

$$1 \text{ об.шп. } i P_{х.р.} = P_{н.р.},$$

де i – передаточне відношення ланцюга, який передає рух від шпинделя до ходового гвинта верстата з кроком $P_{х.р.}$.

Різьбу звичайної точності нарізають, використовуючи коробку подач, а при нарізанні різьб підвищеної точності потрібне значення i встановлюють за допомогою гитари змінних зубчастих коліс.

Правильність положення різців 1 і 3 (рис. 4.6, а) при обробці перевіряють за допомогою шаблона 2. Різьбу нарізають за кілька проходів (рис. 4.6, б, в). Після кожного з них різець відводять від заготовки і супорт повертають у вихідне положення.

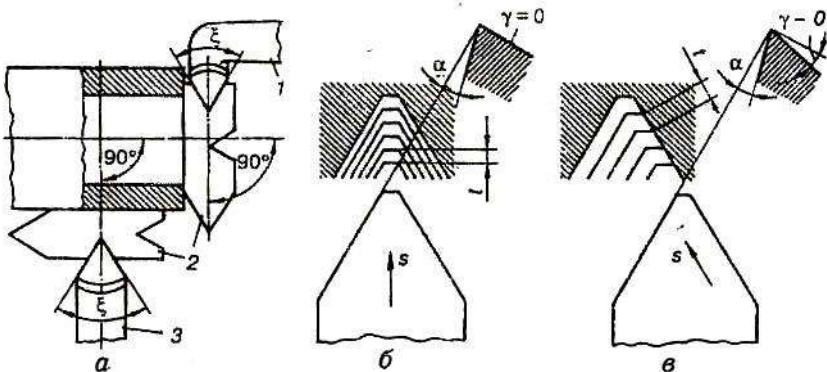


Рис. 4.6. Схеми нарізання різьби на токарному верстаті

При нарізанні багатоходової різьби, після нарізання кожної гвинтової канавки перед наступною, верстат зупиняють і здійснюють поділ (поворот заготовки на кут $360/n$) або переміщують різець уздовж осі при нерухомій заготовці на величинуде n – число заходів різьби.

Запитання для самоперевірки.

1. До якої групи належать всі верстати токарної групи? Перерахуйте відомі вам типи цих верстатів.
2. Які поверхні можна обробляти на верстатах токарної групи?
3. Назвіть основні частини токарно-гвинторізного верстату.
4. Для чого необхідно застосування супорту? Назвіть його основні частини і їх призначення.
5. Яким чином на токарних верстатах виконують обробку циліндричних поверхонь, площин, прорізування канавок, відрізання? Як обробляють конічні і фасонні поверхні?
6. За допомогою яких інструментів можна виконувати нарізування різьби на токарному верстаті?

РОЗДІЛ 5. ТОЧІННЯ. ОСНОВНІ ТИПИ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

5.1. Загальні положення

Для обробки заготовок на токарних верстатах застосовують різноманітні різці [15], які класифікують за різними ознаками. За матеріалом різальної частини розрізняють різці зі швидкорізальної сталі, твердосплавні й мінералокерамічні. За конструкцією різці поділяють на суцільні та складані.

Суцільний різець виготовляють з одного шматка інструментальної сталі. Іноді тільки робочу частину (головку) різця виготовляють зі швидкорізальних сталей Р9, Р9Ф5, Р6М5 тощо та приварюють до стрижня з конструкційної сталі. У *складаних* різцях її оснащують пластинками з цих сталей, твердих сплавів чи мінералокераміки. Пластинку з'єднують механічно, зварюванням або паянням з державкою різця. Залежно від призначення різця пластинки виконують різної форми.

За розташуванням головної різальної кромки різці поділяють на праві й ліві. *Правим* називають різець 2 (рис. 5.1), у якому головна різальна кромка міститься з боку великого пальця правої руки, накладеної долонею на різець так, щоб пальці були спрямовані до вершини різця. Під час точіння такими різцями (9 або 11) стружка з заготовки зрізується при переміщенні супорта справа наліво.

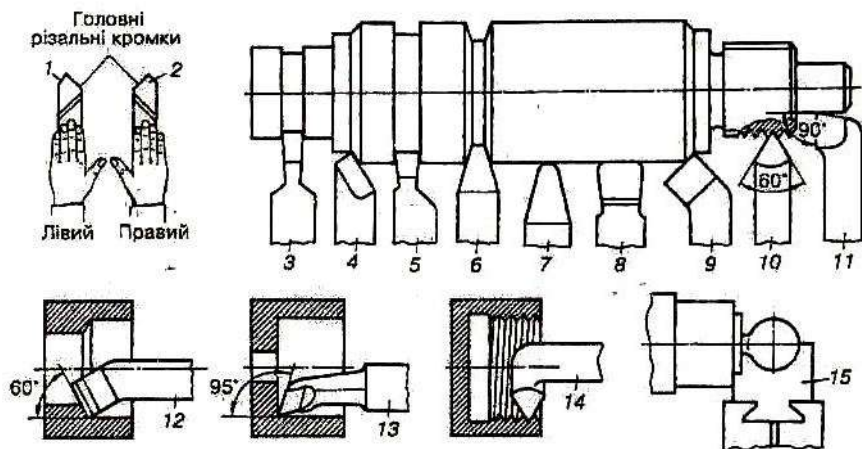


Рис. 5.1. Токарні різці

Лівим називають різець 1, у якого головна різальна кромка міститься з боку великого пальця лівої руки, накладеної на різець так, щоб пальці були спрямовані до вершини різця. На верстаті ліві різці 1 і 4 працюють при подачі зліва направо.

За розташуванням осі головки різця в плані розрізняють різці прямі (1...8, 10, 11, 15) і відігнуті (9, 12, 14). За характером обробки різці поділяють на обдирні (чорнові) і чистові.

За призначенням (за видом обробки) токарні різці поділяють на типи, основними з яких є прохідні (4, 7, 8, 9, 11), підрізні, відрізні (3), розточні (12, 13), різьбові (10, 14), фасонні (15), канавні (5, 6).

На практиці широко використовують різці з багатограними пластинками з твердого сплаву, які не переточуються. У разі затуплення одного леза пластинка, яка кріпиться гвинтом і клином до різця, звільняється, повертається, щоб в робоче положення стало інше лезо, і кріпиться.

Основні частини і елементи різця. Різець (рис. 5.2) складається з робочої частини, або головки 2, і тіла б, або стрижня, який призначений для закріплення різця в різцетримачі. Головку різця заточують так, щоб утворити на ній такі поверхні: передню 5, якою сходиться стружка; задні 1 та 7, обернені до заготовки, що обробляється.

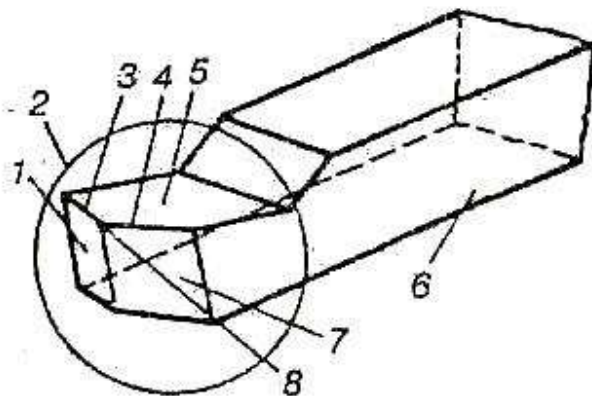


Рис. 5.2. Основні частини та елементи токарного різця

Перетин передньої і задніх поверхонь утворює різальні кромки різця. Різальну кромку 4, яка виконує основну роботу різання, називають головною різальною кромкою, а різальну кромку 3 –

допоміжною. Сполучення головної та допоміжної різальних кромки утворює вершину 8 різця. Задню поверхню 7, що проходить через головну різальну кромку, називають головною задньою поверхнею, а поверхню 1, яка проходить через допоміжну різальну кромку, – допоміжною задньою поверхнею.

5.2. Поверхні на оброблюваній заготовці, координатні і січні площини

При обробці заготовки на верстаті на ній розрізняють такі поверхні (рис. 5.3, *a*): оброблювану 2, оброблену 4, різання 3 – поверхню, що утворюється в процесі різання безпосередньо різальною кромкою. Поверхня різання є перехідною від оброблюваної до обробленої.

З метою визначення кутів різання встановлені такі координатні і січні площини: різання 1 і основна 5 (рис. 5.3, *a*), головна і допоміжна січні площини (рис. 5.3. *б*).

Площиною різання називають площину, яка дотична до поверхні різання і проходить через головну різальну кромку.

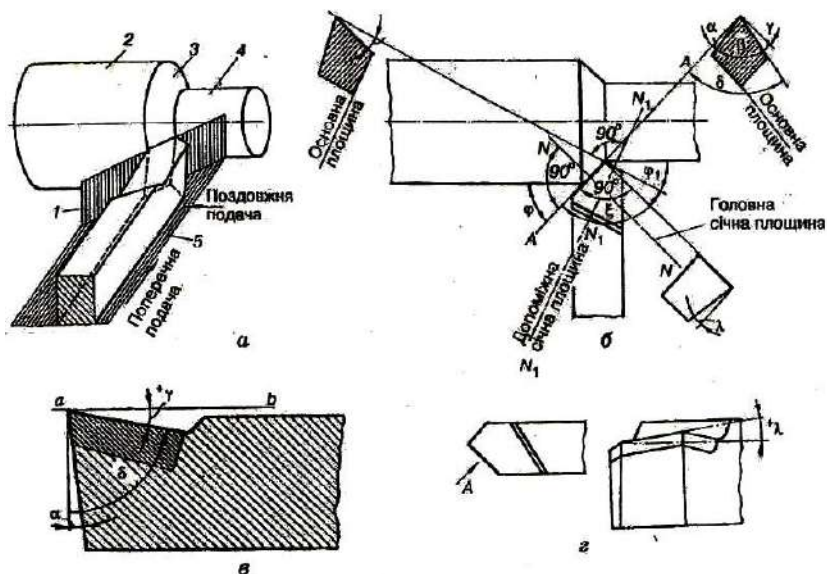


Рис. 5.3. Поверхні на оброблювальній заготовці, координатні площини та геометричні параметри різця

Основною площиною для різців, що використовуються на токарних верстатах, називають площину, паралельну повздовжньому і поперечному переміщенням різця під час роботи верстата.

Геометричні параметри різальної частини різця. На рис 5.3, б, де зображено вид різання зверху, показано сліди площини різання $A-A$, головної січної площини $N-N$, допоміжної січної площини N_1-N_1 і перетини різця цими січними площинами. Кути різця, вимірювані в головній січній площині, називають головними, а вимірювані в допоміжній січній площині - допоміжними.

Головний задній кут α – кут між головною задньою поверхнею і площиною різання. Кут загострення β – кут між передньою і задньою поверхнями різця. Передній кут γ – кут між передньою поверхнею різця і площиною, перпендикулярною до площини різання.

В залежності від положення передньої поверхні різця передній кут може бути різним. Якщо слід передньої поверхні у головній січній площині розташовується нижче лінії ab , перпендикулярної до площини різання (рис. 5.3, в), то передній кут вважають додатним, якщо вище лінії ab , то передній кут є від’ємним.

Кут різання δ – кут між передньою поверхнею різця і площиною різання.

Між головними кутами різця можуть існувати такі співвідношення:

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

$$\alpha + \beta = \delta;$$

$$\delta + \gamma = 90^\circ;$$

Кути в плані вимірюються в основній площині (рис. 5.3, б).

Головний кут в плані ϕ – кут між проекцією головної різальної кромки на основну площину і напрям подачі. Допоміжний кут в плані ϕ_1 – кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину з напрямом, зворотним напрямку подачі.

Кутом нахилу головної різальної кромки λ називають кут між головною різальною кромкою і лінією, проведеною через вершину різця паралельно основній площині (рис. 5.3, з). Кут λ – додатний, якщо вершина різця є найнижчою точкою головної різальної кромки, або від’ємний, якщо вершина різця займає найвище положення на кромці. Від λ залежить напрям відведення стружки.

5.3. Вплив геометричних параметрів різця на процес різання

Кути різальної частини різця, які визначають її геометричну форму, значно впливають на процес різання.

Задній кут α призначений для зменшення тертя задньої поверхні різця за поверхнею різання. Проте надмірне збільшення заднього кута може призвести до зниження міцності найбільш навантаженої частини різця і швидкого його руйнування. На практиці кут α вибирають таким, що є близьким $6...12^\circ$.

Передній кут γ відіграє важливу роль у процесі різання. З його збільшенням полегшується врізання різця в оброблюваний матеріал, зменшуються деформація зрізу вального шару, сили різання, сили різання і витрата потужності. Однак збільшення переднього кута (зменшення кута різання δ) призводить до зменшення кута загострення β , а отже, послаблює різальну частину різця, погіршує відведення теплоти. У практиці найчастіше використовують різці з передніми кутами від -10° до $+20^\circ$.

Кути в плані φ та φ_1 значною мірою впливають на стійкість різця і шорсткість обробленої поверхні. Зі зменшенням у певних межах кута φ стійкість різця зростає і шорсткість обробленої поверхні поліпшується. Найчастіше його приймають близько $30...90^\circ$.

Оптимальне значення кутів різців та інших різальних інструментів для обробки різних матеріалів залежно від її характеру, матеріалу інструменту, розмірів і форми деталей визначають за нормативами, складеними на підставі численних дослідів.

Запитання для самоперевірки.

1. За якими ознаками розрізняють існуючі токарні різці?
2. Чим відрізняється суцільні різці від складаних? З яких матеріалів їх виготовляють?
3. Як поділяють різці за розташуванням головної різальної кромки?
4. Як поділяються токарні різці за характером обробки?
5. Які геометричні параметри різальної частини різця Ви знаєте?
6. Як впливають геометричні параметри різця на процес різання?

РОЗДІЛ 6. ФРЕЗЕРУВАННЯ. ФРЕЗЕРНІ ВЕРСТАТИ. ОСНОВНІ ВИДИ ФРЕЗЕРНИХ РОБІТ

6.1. Загальні положення

Після верстатів токарної групи фрезерні [16] є найпоширенішими металорізальними верстатами. Свою назву вони отримали від багатозубого різального інструменту – фрези, якою на цих верстатах обробляють метали. На фрезерних верстатах головний рух – це обертання фрези, закріпленої на шпинделі, а допоміжний рух (рух подачі) – переміщення стола верстата із закріпленою на ньому заготовкою відносно фрези.

Процес фрезування відбувається в результаті того, що обертання фрези з визначеною швидкістю поєднується з подачею на неї деталі, що теж здійснюється із заздалегідь розрахованою швидкістю. Кожний із зубів фрези послідовно зрізує з деталі окремі стружки, внаслідок цього знімається весь шар металу, що залишений для обробки, – припуск. Деталь набуває необхідної форми і заданих розмірів.

Існує багато типів фрезерних верстатів; консольно-фрезерні, повздовжньо-фрезерні, фрезерні верстати безперервної дії, шпонково-фрезерні, різьбофрезерні, копіювально-фрезерні, спеціальні тощо. З багатьох типів верстатів у металообробці найпоширеніші консольно-фрезерні, а серед них – горизонтально-фрезерні.

6.2. Консольно-фрезерні верстати

Їх названо так тому, що стіл верстату розміщено на консольній балці, яка може переміщуватися за вертикальними напрямними станини. Консольно-фрезерні верстати поділяють на горизонтально-фрезерні, універсально-фрезерні, вертикально-фрезерні, широкоуніверсальні.

Горизонтально-фрезерний верстат (рис. 6.1) складається зі станини з фундаментною плитою 7, консолі 7, поперечних полозків 6 зі столом 4, хобота 3, підвіски 5. Коробку швидкостей 2 розміщено в станині, а коробку подач 8 – в середині консолі.

Деталь, яку обробляють, встановлюється на столі, який може переміщуватися у повздовжньому, поперечному, а разом з консоллю – у вертикальному напрямках, здійснюючи подачі S_{nd} , S_n , S_s . Фрези закріплюють на оправці, жорстко з'єднаний із шпинделем. Другий кінець оправки підтримується підшипником, що міститься в підвісці 5.

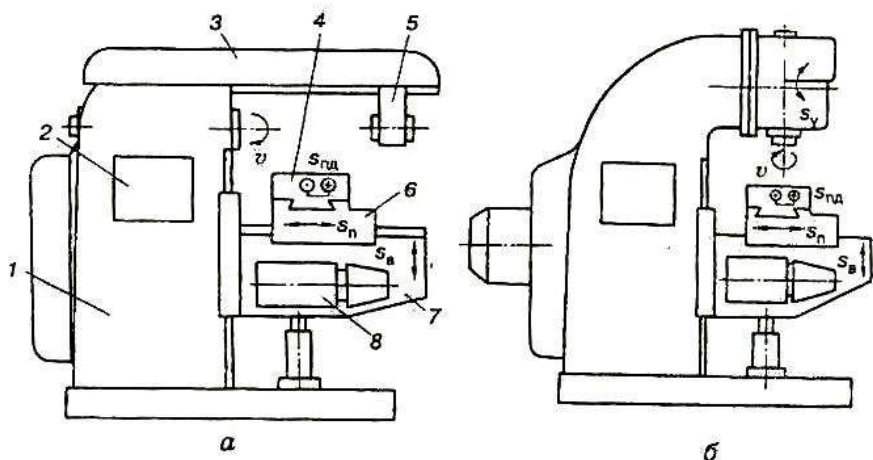


Рис. 6.1. Консольны горизонтально-фрезерний (а) та вертикально-фрезерний (б) верстати

Вертикально-фрезерний верстат побудований аналогічно горизонтально-фрезерному [17], але вісь шпинделя у нього розташована вертикально (рис. 6.2). Фрезерування на цих верстатах здійснюється торцевими і кінцевими фрезами.

Вертикально-фрезерний верстат містить закріплену у шпинделі 1 торцеву фрезу 2, хобот 3, фундаментну плиту 4, поперечні 5 та повздовжні 6 полозки, консоль 7, коліно 8, кнопки керування 9, коробку швидкостей 10 з важелями 11, масляну ємкість 12, настільне ручне колесо 13, панель блокування столу 14, рчаги керування 15 – 17.

Універсально-фрезерний верстат відрізняється від горизонтально-фрезерного тільки тим, що завдяки наявності поворотної частини столу він може бути повернутий в горизонтальній площині на кут $\pm 45^\circ$. Це дає змогу на такому верстаті крім звичайних робіт нарізувати зубчасті колеса з гвинтовими зубцями, гвинтові зубці в зенкерах, розвертка, фрезях тощо.

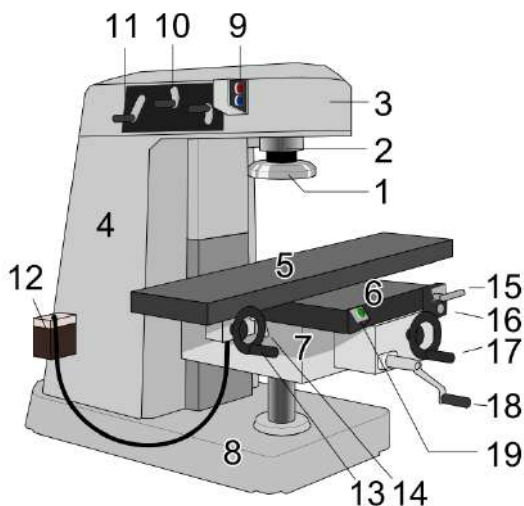


Рис. 6.2. Консольний вертикально-фрезерний верстат

На рис. 6.3 показано широкоуніверсальний фрезерний верстат 679, призначений для горизонтального і вертикального фрезування різних виробів порівняно невеликих розмірів циліндричними, дисковими, фасонними, торцевими, кінцевими і шпонковими фрезами. Цей верстат може бути використаний для виконання складних інструментальних і ремонтних робіт.

За напрямними 1 станини у вертикальному напрямку переміщається каретка зі столом 8. Останній може пересуватися за напрямними каретки в повздовжньому напрямку. Поперечний рух здійснюється шпиндельною бабкою. Зазначені складальні одиниці переміщаються за допомогою коробки подач 7.

У бабку вмонтовано горизонтальний шпиндель (на рисунку не показаний) і встановлено поворотну головку 3 зі шпинделем 2, що має ручне вертикальне переміщення.

У станині розміщений електродвигун, сполучений із валом 5 коробки швидкостей 6 пасовою передачею, яка з'єднана зубчастою передачею з коробкою подач.

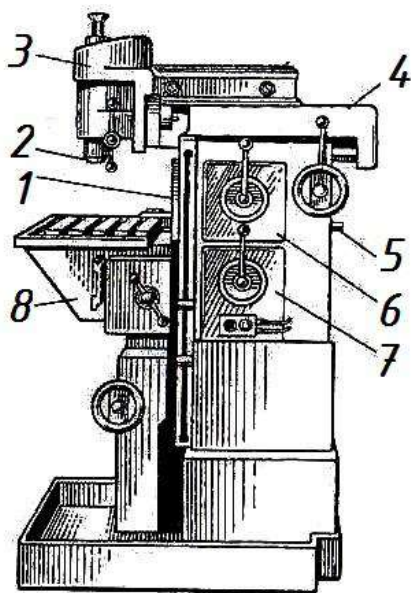


Рис. 6.3. Широкоуніверсальний фрезерний верстат 679

Оброблювану заготовку (деталь) встановлюють безпосередньо на столі або в універсальних пристроях, а обробку ведуть фрезами, закріпленими в шпинделі (горизонтальному або вертикальному).

6.3. Основні види фрезерних робіт

На фрезерних верстатах обробляють горизонтальні, вертикальні і похилі площини, фасонні поверхні, фрезерують пази, шпонкові канавки, зубці прямозубих і гвинтових циліндричних зубчастих коліс, нарізають різьбу.

Горизонтальні площини обробляють циліндричними фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах або торцевими фрезами на вертикально-фрезерних і повздовжньо-фрезерних верстатах (рис. 6.4, а, б). Найбільш продуктивною є обробка площин торцевими фрезами, оснащеними пластинками з твердих сплавів.

Вертикальні площини обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах торцевими або дисковими фрезами, на поздовжньо-фрезерних – торцевими і на вертикально-фрезерних – кінцевими фрезами (рис. 6.4, а, в, з).

Похилі площини обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах кутовими фрезами (рис. 6.4, д, е) або на вертикально-фрезерних верстатах з поворотною головкою – торцевими.

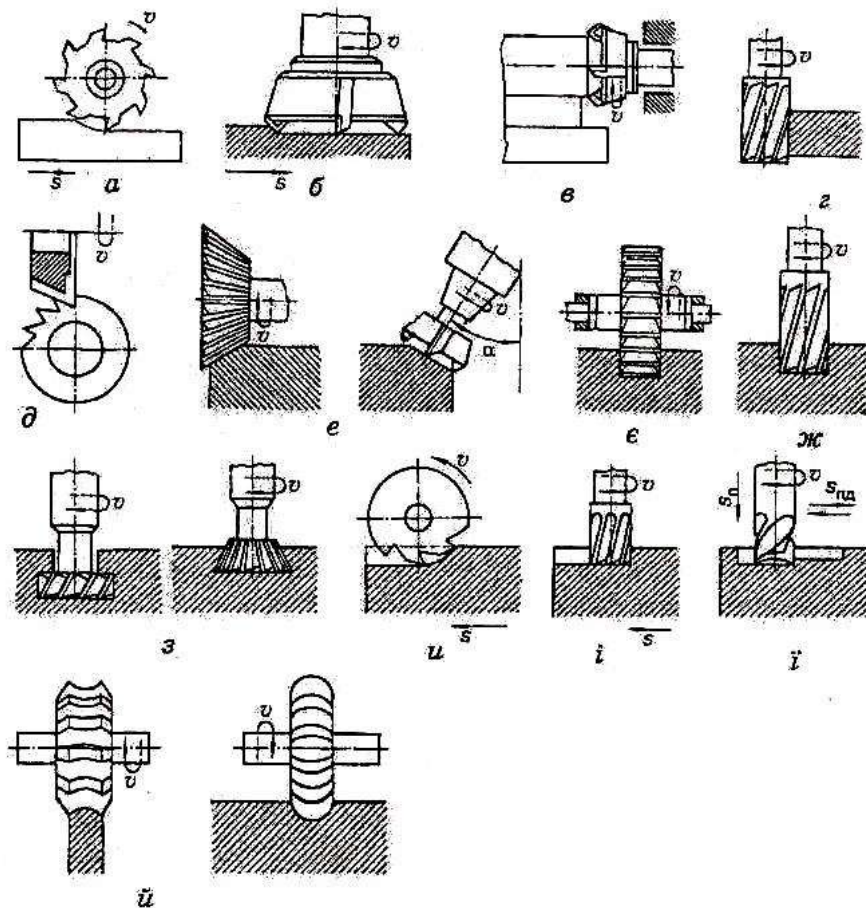


Рис. 6.4. Приклади фрезерних робіт

Прямокутні пази фрезерують дисковими фрезами на горизонтально- фрезерних верстатах або кінцевими фрезами - на вертикально-фрезерних (рис. 6.4, є, ж).

Пази Т-подібні і типу ластівчиного хвоста фрезерують на вертикально- фрезерних верстатах фрезами відповідного профілю (рис. 6.4, з). Шпонкові канавки обробляють на вертикально-фрезерних верстатах кінцевими (рис. 6.4, і) або спеціальними шпонковими фрезами (рис. 6.4, ї) чи на горизонтально- фрезерних верстатах - дисковими фрезами (рис. 6.4, у).

Фасонні поверхні обробляють фасонними фрезами відповідного профілю найчастіше на горизонтально-фрезерних верстатах (рис. 21, й), а складні просторові фасонні поверхні - на спеціальних копіювально-фрезерних верстатах з числовим програмним керуванням.

Запитання для самоперевірки.

1. Дайте характеристику основних типів фрезерних верстатів.
2. Дайте характеристику основних робіт, які виконують на фрезерних верстатах.
3. Якими фрезами обробляють горизонтальні площини? Як фрезерують Т- подібні пази та пази типу ластівчиного хвоста?
4. На яких верстатах і якими фрезами обробляють фасонні поверхні?

РОЗДІЛ 7. ФРЕЗЕРУВАННЯ. ОСНОВНІ ТИП ФРЕЗ ТА ЇХНЄ ПРИЗНАЧЕННЯ

7.1. Загальні положення

Фрезерування – це процес обробки різанням, при якому різальний інструмент (фреза) виконує обертальний (головний) рух, а заготовка, що обробляється, - поступальний чи обертальний рух подачі.

Фреза – це тіло обертання, на поверхні якого розміщено різальні зубці.

Фрезерування є прогресивним видом обробки і широко застосовується у виробництві. При фрезеруванні площин можливо збільшення продуктивності праці за умови застосування одночасної обробки декількох заготовок.

Фрезерування площин можна виконувати торцевими, циліндричними та кінцевими фрезами.

Вибір методу фрезерування, інструменту та верстату залежить від розміру та взаємного розташування поверхонь, які обробляються, а також від розташування головних базових поверхонь.

Широкі площини без уступів більш продуктивно обробляти торцевими фрезами з вставними ножами, оснащеними пластинками з твердого сплаву. Якщо поверхня, яку обробляють, розташована паралельно головній базовій поверхні, то торцеве фрезерування треба виконувати на вертикально- фрезерному верстаті.

Середня економічна точність при чорновому фрезеруванні 10 – 11 квалітет, при чистовому – 10 квалітет, при точному – 8 квалітет.

Шорсткість обробки при чорновому фрезеруванні $R_z=80-140$ мкм, при чистовому $R_z=20-40$ мкм, при точному $R_z=0,63-1,25$ мкм.

При фрезеруванні заготовок з чавуну - матеріал ріжучої частини інструмента рекомендується брати типу ВК. При фрезеруванні сталевих заготовок – типу ТК.

Призначення раціонального режиму різання складається з вибору найвигіднішого співвідношення глибини різання, подачі на зуб фрези, швидкості різання та хвилинної подачі, які забезпечують найменший час виконання фрезерної операції при одночасному найбільш раціональному використанні ріжучих властивостей фрези, та технічних можливостей верстата.

7.2. Зустрічне та попутне фрезерування.

В залежності від напрямку обертання фрези і напрямку подачі розрізняють *зустрічне* фрезерування, коли оброблювана заготовка подається назустріч обертанню фрези (рис. 7.1, а) та *попутне* – коли напрям обертання фрези і напрям подачі збігаються (рис. 7.1, б). При зустрічному фрезеруванні товщина шару металу, що зрізується зубцем фрези, змінюється від 0 до найбільшого значення. Поступове збільшення товщини зрізуваного шару сприяє плавній роботі фрези, проте, перед тим, як врізатися у метал, зубець фрези деякий час ковзає по поверхні різання, зміцненій внаслідок пластичних деформацій при різанні попереднім зубцем. Це призводить до значного спрацювання зубців фрези. Сили, що виникають при фрезеруванні цим методом, намагаються відірвати оброблювану заготовку від столу.

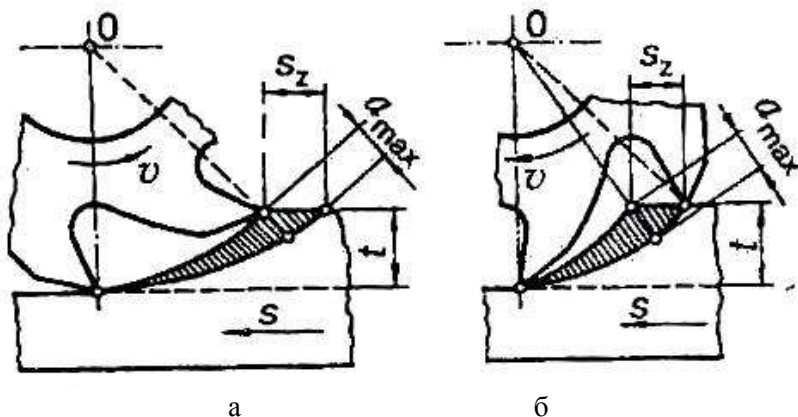


Рис. 7.1. Зустрічне (а) та попутне (б) фрезерування

При попутному фрезеруванні в момент врізання зубця відбувається удар, бо відразу знімається шар найбільшої товщини, що поступово зменшується від a_{max} до 0, виключається проковзування зубців, сили різання намагаються притиснути заготовку до стола верстата. Все це сприяє зменшенню шорсткості поверхні. Попутне фрезерування раціонально використовувати при чистовій, а зустрічне – при черновій обробці.

7.3. Елементи режиму різання при фрезеруванні

Як і при точінні, такими елементами, є глибина різання, подача, швидкість різання і, додатково, – ширина фрезерування.

При фрезеруванні, на відміну від точіння, свердління, розрізняють три розмірності подачі:

1) подача на один зуб фрези S_z , мм/зуб – переміщення заготовки при повороті фрези на один кут між двома сусідніми зубцями;

2) подача на один оберт – S_o , мм/об;

3) подача за хвилину $S_{xв}$, мм/хв.

Вони пов'язані між собою такими залежностями:

$$S_{xв} = S_o \cdot n = S_o \cdot n_z \cdot S_o,$$

n і z – відповідно число зубців і частота обертання фрези.

Глибина різання t мм – товщина шару металу, що знімається за один прохід, виміряна перпендикулярно до обробленої поверхні. Швидкість різання V м/хв – колова швидкість найвіддаленішої від осі обертання точки різальної кромки фрези:

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000,$$

де D – зовнішній діаметр фрези, мм. Ширина фрезерування B – довжина поверхні контакту фрези з оброблюваною заготовкою, виміряна в напрямі, перпендикулярному до напрямку подачі.

7.4. Класифікація фрез

Залежно від форми і призначення фрези поділяють на циліндричні, торцеві, дискові, кінцеві, кутові, фасонні, різьбові, черв'ячні та ін.

За формою задньої поверхні розрізняють фрези з гострозаточеними і затилованими зубцями. Фрези з *гострозаточеними зубцями* мають плоску або криволінійну задню поверхню зубців. Заточують ці фрези по задній поверхні. Фрези з *затилованими зубцями* мають задню поверхню зубців, окреслену за архімедовою або логарифмічною спіраллю, виготовленою на спеціальних токарно-затиловочних верстатах.

Фрези з гострозаточеними зубцями простіші у виготовленні, мають більшу стійкість, забезпечують одержання більш чистої оброблюваної поверхні. Проте фрези із затилованими зубцями після переточування зберігають незмінним свій профіль, тому фасонні фрези виготовляють із затилованими зубцями.

За конструктивними ознаками фрези поділяють на суцільні (рис. 7.2, а, г, е, ж, з, и, і) та зі вставними зубцями (рис. 7.2, б, в, є). Суцільні фрези виготовляють переважно зі швидкоріжучої сталі. У фрез зі вставними зубцями (ножами) зубці виготовляють із швидкоріжучої сталі або оснащують пластинками з твердих сплавів.

В залежності від способу кріплення фрез на верстаті розрізняють фрези насадні, які мають отвір і закріплюються на оправці, і кінцеві з конічним або циліндричним хвостовиком.

Циліндричні фрези мають зубці тільки на циліндричній поверхні і застосовуються для обробки площин (рис. 7.2, а...в).

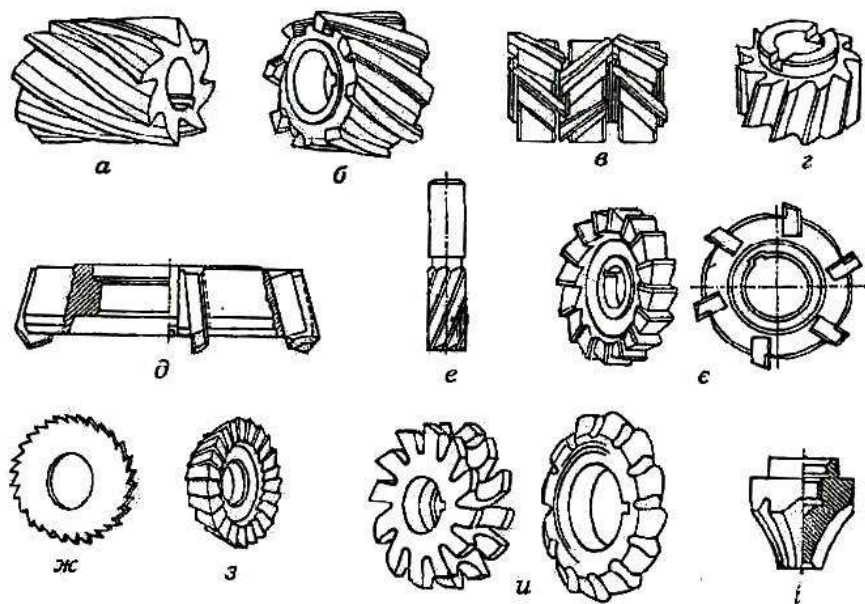


Рис. 7.2. Основні типи фрез

Торцеві фрези, що мають зубці як на торці, так і на бічній поверхні, можуть бути як суцільними (рис. 7.2, з), так і з вставними ножами (рис. 7.2, д) і використовуються для обробки площин.

Кінцеві фрези (рис. 7.2, е) застосовують для обробки пазів, площин і фасонних поверхонь. Їх виготовляють зварними: різальна частина робиться зі швидкорізальної сталі, хвостовик – з вуглецевої.

Дискові фрези (рис. 7.2, є) використовують для фрезерування прямо лінійних пазів, канавок і площин. Виготовляють їх суцільними зі швидкорізальної сталі та зі вставними ножами, оснащеними швидкорізальною сталлю або твердими сплавами.

Відрізні і шлицьові фрези (рис. 7.2, ж) – дискові фрези малої товщини, призначені для розрізування матеріалів і прорізування вузьких канавок, наприклад у головках гвинтів.

Фасонні фрези (рис. 7.2, з, и) застосовують для обробки різних деталей зі складним, здебільшого криволінійним, профілем. До фасонних фрез належать півкруглі опуклі і ввігнуті фрези, модульні фрези, фрези для обробки канавок мітчиків, спіральних свердел, зенкерів та іншого інструмента. Виготовляють фасонні фрези зі швидкорізальної сталі.

7.5. Основні геометричні параметри циліндричної і торцевої фрез

Зубці фрези можна вважати окремими різцями з властивими їм геометричними параметрами. Передній кут фрези γ визначають у площині $N-N$, перпендикулярній до різальної кромки (рис. 7.3, а, б). Для фрез із швидкорізальної сталі залежно від міцності й твердості оброблюваного матеріалу він змінюється в межах $10^\circ \dots 20^\circ$. У твердосплавних фрез:

$$\gamma = 10^\circ \dots 15^\circ.$$

Задній кут α визначають у площині, перпендикулярній до вісі фрези. Це кут між дотичною до задньої поверхні зуба фрези в точці C і дотичною до обводу, який утворює точка C при обертанні навколо осі фрези (рис. 7.3, а). Задній кут залежно від типу фрез змінюється у межах $6 \dots 25^\circ$.

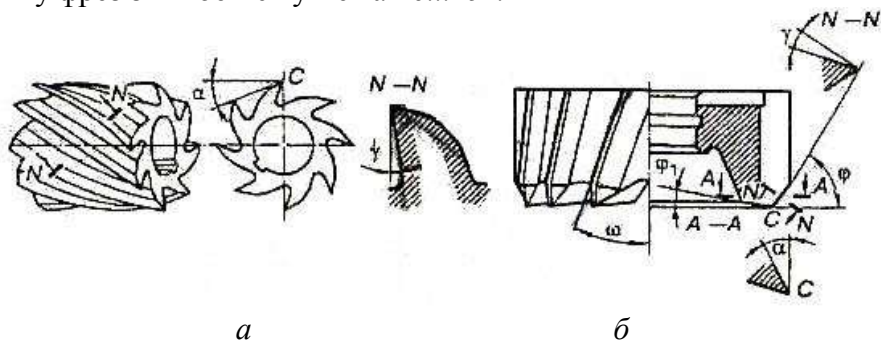


Рис. 7.3. Основні геометричні параметри циліндричної та торцевої фрез

Для торцевих фрез, крім того, мають істотне значення головний і допоміжний кути в плані (рис. 7.3, б). Головний кут в плані φ – кут між проекцією головної різальної кромки зубця торцевої фрези на осьову площину і напрямом подачі. Найчастіше кут φ обирають в межах $45...60^\circ$.

Допоміжний кут в плані φ_1 призначений для зменшення тертя допоміжної різальної кромки об поверхню, що обробляється. Значення його обирають в межах $5...10^\circ$. Кут нахилу зубців ω забезпечує більш плавну роботу фрези порівняно з прямозубою фрезою і надає напрям сходу стружки.

Запитання для самоперевірки.

1. Які бувають фрези за конструкцією зубців та виду поверхні, на якій нанесено зубці?
2. Як закріплюються фрези?
3. Які бувають фрези за конструкцією?
4. Які поверхні можна обробляти фрезами?
5. Який матеріал використовують для виготовлення фрез?
6. Які конструктивні елементи гострозагострених фрез?
7. Які конструктивні елементи фасонних затілених фрез?
8. В чому відмінність зустрічного та попутного фрезерування? Яке з них раціональніше використовувати при чистовій, а яке при чорновій?
9. Які елементи режиму різання при фрезеруванні. Ви знаєте?

РОЗДІЛ 8. СВЕРДЛІННЯ. СВЕРДЛИЛЬНІ ВЕРСТАТИ. ДОПОМІЖНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ РОБОТИ ЗІ СВЕРДЛИЛЬНИМИ ВЕРСТАТАМИ

8.1. Загальні положення

На свердильних верстатах виконують свердління [18], зенкерування і розвертання отворів у деталях, а також нарізають різь мітчиками. З різних типів свердильних верстатів найбільше застосовуються вертикально-свердильні.

8.2. Основні типи свердильних верстатів

1. *Вертикально-свердильні верстати* – найпоширеніші верстати цієї групи; застосовують їх в одиничному і серійному виробництві.

2. *Радіально-свердильні верстати* призначені для обробки отворів у великих важких деталях.

3. *Багатошпиндельні свердильні верстати* мають кілька шпинделів, взаємне розміщення яких може бути постійним або змінюється залежно від оброблюваної деталі. Ці верстати широко застосовують у серійному і масовому виробництві.

4. *Горизонтально-свердильні верстати* – застосовують для свердління глибоких отворів.

5. *Центрувальні* – призначені для виготовлення центрових отворів.

6. *Агрегатні* – найпоширеніші у багатосерійному і масовому виробництві при обробці отворів.

Вертикально-свердильні верстати. На рис. 8.1 представлено загальний вигляд вертикально-свердильного верстата. Верстат складається з фундаментної плити 1, станини 2, коробки швидкостей 6 зі шпинделем, коробки подач 5 розташованої в кронштейні 4, і стола 3, на якому встановлюється оброблювана деталь.

Вертикально-свердильні верстати застосовують для обробки отворів у деталях масою до 25 кг. Основною характеристикою їх є найбільший отвір, який можна свердлити на них у сталі середньої твердості.

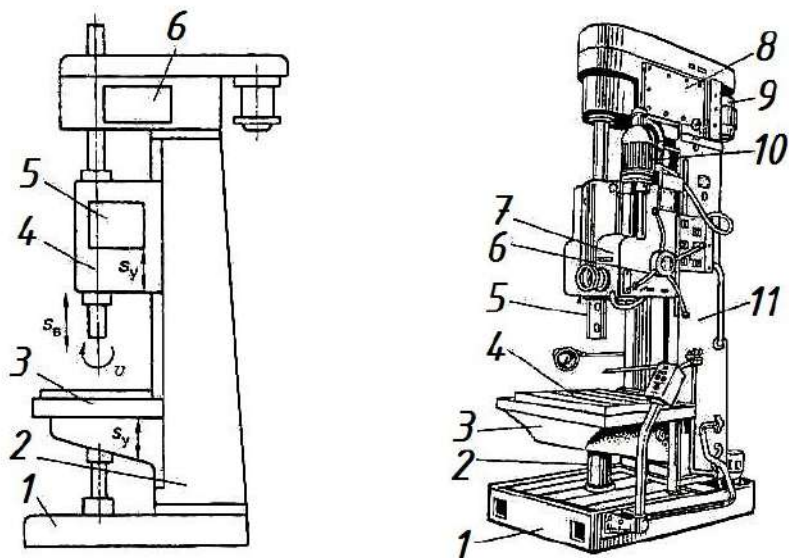


Рис. 8.1. Вертикально свердильний верстат 2170

У вертикально-свердильного верстата 2170 (рис. 8.1) за напрямними станини 77 переміщується за допомогою гвинта 2 консоль 3 із столом 4, на якому закріплюють деталь, що обробляється. Інструмент встановлюють у шпинделі 5, який одержує обертання від електродвигуна 9 через коробку швидкостей 5. Вертикальне переміщення шпинделя (подача) регулюється за допомогою коробки подач 7 або штурвала 6. Швидкі переміщення шпиндельної бабки разом із коробкою подач 7 униз і наверх здійснюються від електродвигуна 10. Верстат змонтовано на плиті 7.

Отвори у великогабаритних корпусних та інших деталях обробляють на радіально-свердильних верстатах.

Радіально-свердильні верстати застосовують в умовах одиничного та серійного виробництва.

На фундаментній плиті 1 верстата (рис. 8.2) нерухомо встановлена колона 2, на якій розміщена і може повертатися на 360° гільза 3. Встановлена на гільзі траверса 4 може переміщуватися по ній уздовж осі за допомогою механізму 5 і закріплюватися на певній висоті. Траверса має напрямні, за якими може переміщуватися і разом з нею повертатися шпиндельна головка 6 з коробкою швидкостей 7,

шпинделем 9 і коробкою подач 8. Заготовка може бути встановлена і закріплена на столі 10 або на фундаментній плиті 1.

Поворотом гільзи з траверсою навколо осі колони і переміщенням шпиндельної головки по напрямних траверси досягається суміщення осей інструмента і отвору деталі.

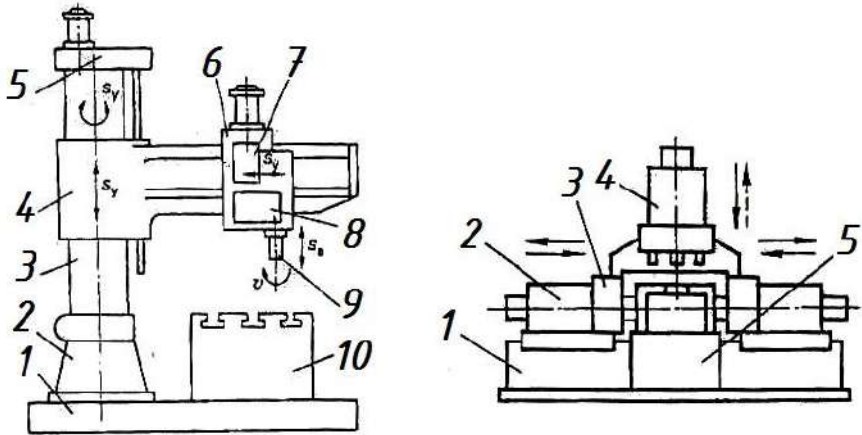


Рис. 8.2. Загальний вигляд радіально-свердлильного верстата та компонування агрегатних верстатів

Агрегатні верстати – це спеціальні верстати, змонтовані з нормалізованих вузлів (агрегатів). Здебільшого вони складаються зі станини 1 (рис. 8.2), силових головок 2, шпиндельних головок 3, колони 4 і столу 5. Різним компонуванням цих вузлів можна складати різноманітні верстати для обробки певних деталей. Основним вузлом верстата є силова головка, яка надає обертання інструменту (головний рух) і поступальний рух подачі. На агрегатних верстатах виконують свердління, зенкерування, розточування, розвертання отворів, нарізання різьби та інші операції. Агрегатні верстати є напівавтоматами і часто входять до складу автоматичних ліній.

8.3. Допоміжні інструменти і пристрої до свердлильних верстатів

Допоміжний інструмент [19] для закріплення різального інструмента. Різальний інструмент, що має конічний хвостовик, закріплюється безпосередньо в конічному отворі шпинделя верстата (рис. 8.3, а) або за допомогою перехідних втулок (рис. 8.3, б) в тому

випадку, якщо розмір конуса шпинделя більший за розмір конуса інструмента.

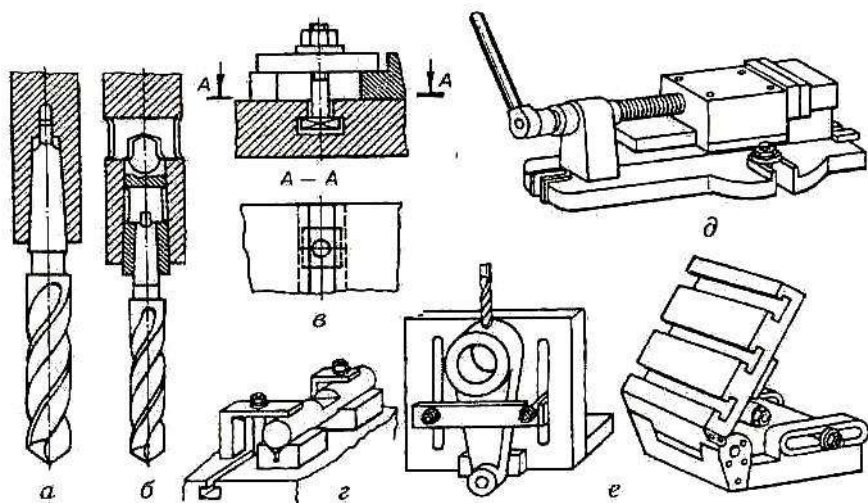


Рис. 8.3. Кріплення інструменту та заготовок на свердильних верстатах

Інструмент з циліндричним хвостовиком закріплюють у трикулачкових або цангових патронах. При послідовній обробці отворів на свердильних верстатах кількома інструментами, коли інструменти треба міняти не зупиняючи верстата, застосовують так звані швидкозмінні патрони.

Пристрої для встановлення і закріплення деталей. Для закріплення деталей на столі верстата застосовують універсальні і спеціальні пристрої. До універсальних затискних пристроїв належать притискні планки (рис. 8.3, в), призми (рис. 8.3, г), машинні лещата (рис. 8.3, д), кутники (рис. 8.3, е).

Щоб забезпечити правильне положення інструмента відносно осі оброблюваного отвору і спрямовування його під час роботи, застосовують спеціальні пристрої – кондуктори, які усувають необхідність розмітки деталей

Запитання для самоперевірки.

1. Які основні операції обробки отворів виконують на свердлильних верстатах?
2. Назвіть основні типи свердлильних верстатів.
3. Які методи кріплення інструментів і заготовок на свердлильних верстатах?
4. Який допоміжний інструмент для закріплення різального інструмента і які пристрої для встановлення і закріплення деталей Ви знаєте?

ТЕМА 9. СВЕРДЛІННЯ. ОБРОБКА ОТВОРІВ НА СВЕРДЛИЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ, СВЕРДЛА, ЗЕНКЕРИ, РОЗВЕРТКИ

9.1. Обробка отворів на свердлильних верстатах

На свердлильних верстатах [20] виконують такі основні операції: свердління, розсвердлювання, зенкерування, зенкування, цекування, розвертання, розточування отворів, нарізання різьби в отворах.

Свердління (рис. 9.1, а) – поширений технологічний метод отримання отворів різанням, вид механічної обробки матеріалів різанням, при якому за допомогою спеціального різального інструменту (свердла), що обертається, отримують отвори різного діаметра і глибини, або багатогранні отвори різного перетину і глибини.

Розточування (рис. 9.1, б) – операція металообробки, яка полягає у збільшенні діаметра вже існуючих отворів. Розточування виконують шляхом розсвердлюванням (при діаметрах отворів до 80 мм) і розточуванням (при діаметрах отворів понад 80 мм). Здійснюється різцями у тих випадках, коли осі отворів мають бути розташовані за точними координатами

Розвертання (рис. 9.1, в) – вид механічної обробки різанням, основний спосіб чистової обробки отворів діаметром до 300 мм, це точна обробка отворів з метою надання їм точних розмірів і малої шорсткості поверхні. Розвертання передуює свердління, зенкерування, розточування. Розвертання дозволяє обробляти циліндричні, конічні, східчасті отвори.

Зенкерування (рис. 9.1, г) – процес обробки циліндричних литих, штампованих або попередньо просвердлених отворів зенкером для надання їм правильної геометричної форми, потрібних розмірів і необхідної шорсткості поверхні; це вид механічної обробки різанням, при якій відбувається обробка циліндричних і конічних отворів в деталях з метою збільшення їхнього діаметра, покращення точності та якості (шорсткості) поверхонь. Зенкерування відноситься до напівчистових видів обробки різанням. Для зенкерування використовують зенкери. *Зенкер* – це багатолезовий (3—12 лез) інструмент з віссю обертання, при обертанні якого лезами здійснюється оброблення отвору.

Цекування (рис. 9.1, д, е) – обробка торцевих поверхонь під гайки, шайби і кільця пластинками або торцевими зенкерами, це вид

механічної обробки різанням – обробка поверхні деталі довкола отвору, призначена для утворення площини або заглиблень під голівку гвинта, шайбу, накладне кільце. Цекування є різновидом зенкування і виконується цековками, які мають можливість різання торцем. Цековка у своїй конструкції має напрямний елемент, призначений для орієнтації її осі у попередньо виготовленому отворі. Цекування дає можливість забезпечити перпендикулярність торцевої поверхні отвору, що признається під голівки болтів, до вісі отвору.

Зенкування (рис. 9.1, *є*) – вид механічної обробки різанням, який використовують для створення конічних заглиблень (фасок) у отворах під конічні головки потайних гвинтів, при нарізанні різи, для притуплення гострих кромek тощо. Для зенкування використовують спеціальний інструмент – зенківки або свердла великого діаметра, загостреними під потрібним кутом.

Нарізання різи в отворах (рис. 9.1, *жс*) можна здійснити на свердлильних верстатах мітчиками. При свердлінні глибоких отворів ($l/d > 5$) обертального руху надають заготовці (головний рух), а поступального – свердлу (рух подачі). При цьому відхилення осі отвору вбік значно зменшується.

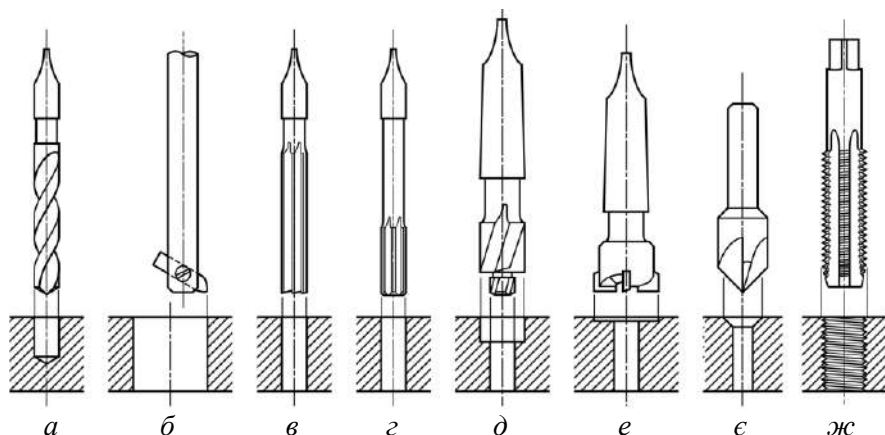


Рис. 9.1. Обробка отворів на свердлильних верстатах

9.2. Свердла

Типи свердел. Розрізняють такі основні типи свердел:

а) *перові* (рис. 9.2, а), що становлять стрижень або закріплювану в оправці пластинку з різальними кромками, заточеними під кутом $2\varphi = 80...150^\circ$. Застосовують ці свердла переважно для свердління отворів у твердих поковках і виливках та для обробки ступінчастих отворів;

б) *спіральні* (рис. 9.2, б);

в) *свердла для глибокого свердління* (рис. 9.2, в);

г) *центрувальні* (рис. 9.2, г), призначені для утворення центрових отворів у заготовках, що обробляються в центрах;

д) *свердла для кільцевого свердління* (рис. 9.2, д), які застосовують для глибоких отворів, діаметр яких перевищує 75 мм.

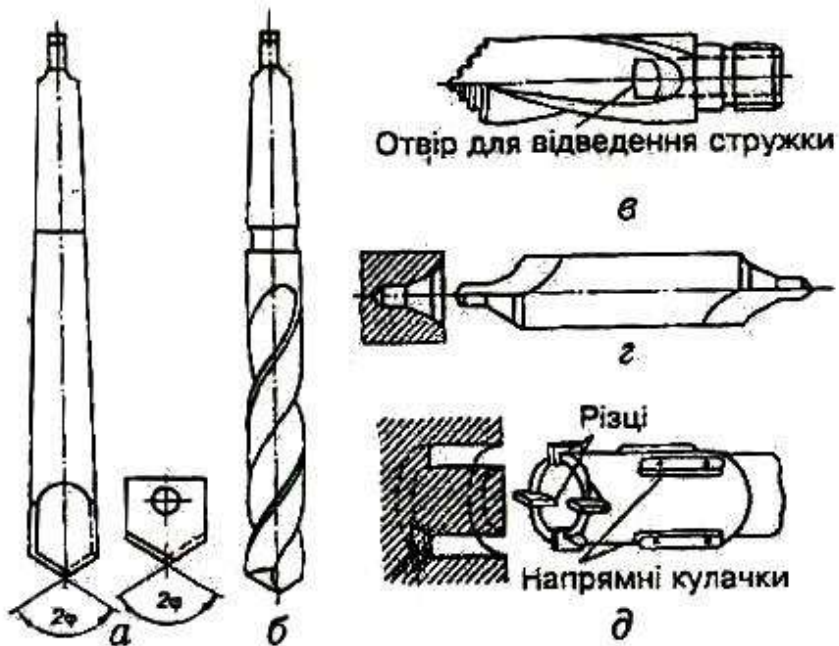


Рис. 9.2. Типи свердел

Спіральні свердла – найбільш поширений тип свердел. Виготовляють їх діаметром 0,1 ...80 мм.

Спіральне свердло (рис. 9.3, а) складається з різальної частини 7, напрямної 2, шийки 3, хвостовика 4 і лапки 5. Різальна частина виконує основну роботу різання. Напрямна частина спрямовує

свердло в отворі і забезпечує виготовлення отвору потрібного діаметра. Хвостовик може бути циліндричним або конічним. У свердел з циліндричним хвостовиком (рис. 9.3, б) поводок 5 запобігає провертанню свердла в патроні.

Різальна частина включає передню 6 і задню 7 поверхні, головні 8 і допоміжні 9 різальні кромки, а також поперечну кромку 10 (рис. 9.3, в). Передньою поверхнею 6 свердла є гвинтова поверхня канавки, якою сходить стружка. Задня поверхня 7 – це поверхня, яка обернена до поверхні різання. Головні різальні кромки 8 свердла утворюються перетином передніх і задніх його поверхонь. Кут між ними у свердел для обробки сталі і чавуну $2\varphi = 118^\circ$, для свердління м'яких і в'язких матеріалів (алюмінію, силуміну) – $2\varphi = 80...90^\circ$, для свердління твердих і крихких матеріалів – $2\varphi = 130...140^\circ$.

Кут нахилу поперечної кромки (перемички) 10 свердла $\psi = 50...55^\circ$ (рис. 9.3, в, з). Поперечна кромка працює у важких умовах, оскільки на ній передній кут має від'ємне значення. Внаслідок цього при свердлінні виникають значні зусилля, спрямовані вздовж осі свердла.

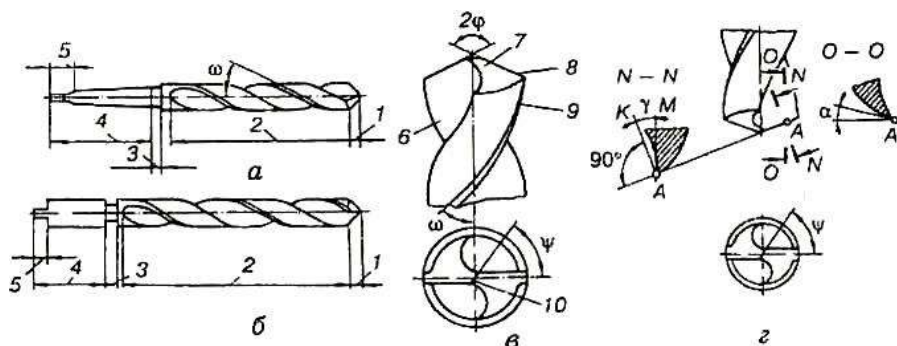


Рис. 9.3. Основні елементи та геометричні параметри спірального свердла

У головній січній площині $N-N$ (рис. 9.3, а), нормальній до головної різальної кромки, свердло має форму різця з властивими йому геометричними параметрами. Передній кут свердла γ вимірюється в цій площині. В міру наближення до осі свердла передній кут зменшується, а задній, навпаки, збільшується. Передній кут поперечної кромки може набувати від'ємних значень.

Для зменшення тертя свердла об стінки отвору на напрямній частині його залишаються дві вузькі гвинтові стрічки завширшки 0,2...2,6 мм, а решту її виконують меншого діаметра. З цією ж метою діаметр свердла зменшують у напрямі до хвостовика на 0,03...0,1 мм на кожних 100 мм довжини. Глибина різання при свердлінні дорівнює половині діаметра свердла.

9.3. Зенкери

Типи зенкерів. В залежності від призначення розрізняють такі основні типи зенкерів:

а) *спіральні* (рис. 9.4, а, б), що застосовують для обробки наскрізних циліндричних отворів;

б) *циліндричні з прямою цапфою* (рис. 9.4, в), призначені для обробки торцевих площин або отворів під циліндричні головки гвинтів;

в) *конічні – зенківки* (рис. 9.4, г), що застосовують для зенкування конічних заглиблень під головки гвинтів, центрових отворів, зняття фасок тощо.

За способом кріплення розрізняють зенкери: *хвостові* (рис. 9.4, а, г) та *насадні* (рис. 9.4, б, в). Зенкери виготовляють суцільними, з напаяними пластинками з твердих сплавів і збірними з вставними ножами.

Елементи і геометричні параметри зенкерів. Спіральний хвостовий зенкер (рис. 9.4, д) складається з робочої частини 7, шийки 2, хвостовика 3, лапки 4. Робоча частина, у свою чергу, складається з різальної 6 і прямої 5 частин. Різальна частина різальними кромками, розташованими щодо осі зенкера під кутом $\varphi = 45...60^\circ$, виконує основну роботу різання, а пряма – спрямовує зенкер у отворі та забезпечує виготовлення отвору потрібного діаметра.

Спіральні зенкери виготовляють діаметром 10...100 мм з числом зубців 3...6. Передній кут зубців зенкера γ вимірюють у площині, нормальній до різальної кромки (рис. 9.4, е). Задній кут вимірюють у цій самій площині. Величина його змінна і в міру наближення до осі зенкера α збільшується. Пряма частина зенкера, як і у свердел, має напрямні стрічки завширшки 0,8...2,0 мм. Наявність більшого числа зубців порівняно зі свердлом підвищує стійкість і продуктивність зенкерів, а також точність отворів і якість їхньої поверхні.

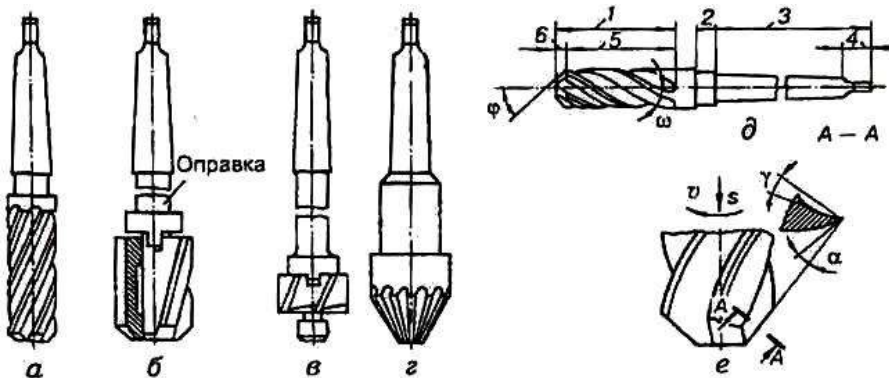


Рис. 9.4. Основні типи зенкерів

9.4. Розвертки

В залежності від способу застосування розвертки поділяють на *ручні* і *машинні*. За конструктивними особливостями розвертки, як і зенкери, бувають хвостові і насадні, суцільні і з вставними ножами. За формою оброблюваного отвору розрізняють розвертки циліндричні, конічні і ступінчасті.

Поряд з розвертками із швидкорізальних сталей (P9, P6M5) широко застосовують розвертки, оснащені твердими сплавами (BK6, T15K6).

Розвертка складається з робочої частини 7, шийки 2 і хвостовика 3 (рис. 9.5). До робочої частини входять різальна 6 і калібрувальна 5 частини. Кут φ у ручних розверток дорівнює $1...20^\circ$, а в машинних - для оброблення крихких і твердих матеріалів $\varphi = 3...5^\circ$ і для в'язких матеріалів $\varphi = 12...15^\circ$.

Передній і задній кути розверток вимірюють у площині, нормальній до різальної кромки. У чорнових розверток передній кут $\gamma = 5...10^\circ$, задній $\alpha = 7...12^\circ$; у чистових $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 3...50^\circ$.

Калібрувальна частина спрямовує розвертку в отворі, надає йому потрібної точності і шорсткості поверхні. На зубцях калібрувальної частини залишають стрічку завширшки $0,05...0,5$ мм, яка забезпечує напрям розвертки в отворі і "вигладжує" оброблену Поверхню. Хвостовик призначений для кріплення машинних розверток у шпинделі верстата, а ручних – у воротку. Залежно від методу кріплення він може бути конічним або циліндричним з квадратом 4

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or axle, showing dimensions and cross-sections.

Top View: A horizontal shaft with a central section labeled "2" and two outer sections labeled "1" and "3". The total length is 6. The central section "2" has a diameter of 5. The outer sections "1" and "3" have a diameter of 4. The distance from the left end to the start of section "2" is 1. The distance from the end of section "2" to the right end is 3. The left end is labeled "1" and "2φ". The right end is labeled "4".

Section B-B: A cross-section of the shaft at the left end, showing a semi-circular profile with a radius of 1. The angle between the horizontal axis and the tangent to the profile is labeled α . The distance from the center to the point of tangency is labeled $\gamma - 0$.

Section A-A: A cross-section of the shaft at the right end, showing a semi-circular profile with a radius of 1. The angle between the horizontal axis and the tangent to the profile is labeled α .

Detail View: A detail view of the right end of the shaft, showing a semi-circular profile with a radius of 1. The angle between the horizontal axis and the tangent to the profile is labeled α . The distance from the center to the point of tangency is labeled $\gamma - 0$.

Число зубців розверток для полегшення вимірювання їх діаметра парне і залежно від його величини становить близько 6...12. Для зменшення огранки отворів розвертай мають нерівномірний крок зубців по обводу.

Глибина різання при розвертанні і зенкеруванні

$$t = \frac{D-d}{2},$$

Запитання для самоперевірки.

- 71

РОЗДІЛ 10. БУДОВА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ДІЛИЛЬНИХ ГОЛОВОК

10.1. Загальні положення

При виконанні багатьох фрезерних робіт – нарізанні зубців зубчастих коліс, розверток і фрез, фрезеруванні площин багатогранників – необхідно періодично повертати заготовку навколо її осі на певний кут. З цією метою застосовують ділильні головки.

10.2. Будова універсальної ділильної головки

Універсальна ділильна головка є основним пристроєм, що застосовується при роботі на фрезерних верстатах.

На рис. 10.1, *а* показано універсальну ділильну головку 7 і задню бабку 2, що встановлені на столі 3 горизонтально-фрезерного верстата. Основними частинами головки є (рис. 10.1, *б*) корпус 10, поворотна частина 9, шпиндель 8 з центром 7, ділильний диск 6, рукоятка 5 і фіксатор 4. Кінець шпинделя має зовнішню різьбу, на котру нагвинчується кулачковий або повідковий патрон.

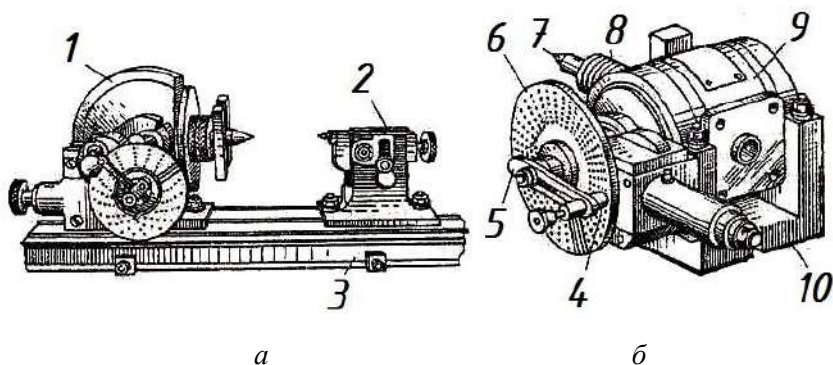


Рис. 10.1. Універсальна ділильна головка

Кінематичну схему головки показано на рис. 10.2. Повертають заготовку рукояткою 5, закріпленою на валу 11. На ньому закріплений також черв'як 12, що передає обертання черв'ячному колесу 13, шпинделю 3 і оправці 14 з насадженою на ній заготовкою 15. Встановлюючи штифт фіксатора 4 проти кола з погрібною кількістю отворів диска 6 (рис. 10.1, *б*), рукоятку 5 відповідно перемішують по прорізу і закріплюють у потрібному положенні гайкою.

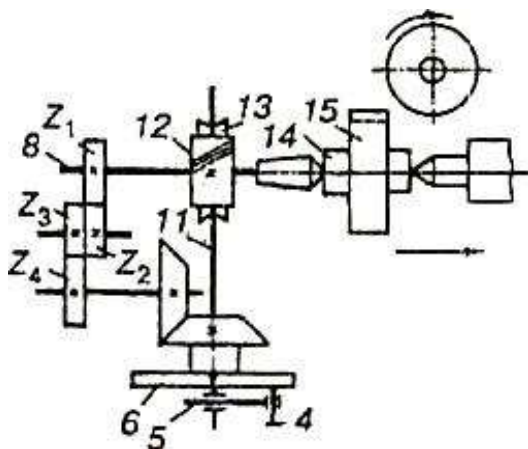


Рис. 10.2. Кінематична схема ділильної головки

Для обертання заготовки на $1/z$ частину кола, наприклад при нарізанні зубчастого колеса з числом зубців z , треба рукояткою 5 зробити n обертів, число яких визначається за формулою:

$$n = N/z,$$

де N – характеристика ділильної головки – це число обертів рукоятки 5, які треба зробити, щоб шпиндель головки зробив один повний оберт. У ділільних головках найчастіше $N = 40$. Універсальні ділільні головки можуть бути настроєні на простий або диференціальний поділ.

10.3. Простий поділ

При цьому способі ділільний диск за допомогою спеціального фіксатора з'єднується нерухомо з корпусом головки, а змінні зубчасті колеса Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 не встановлюються.

Число обертів рукоятки 5, потрібних для обертання шпинделя на $1/z$ частину кола, може бути визначене так:

$$n = \frac{N}{z} = A + \frac{a}{b} = A + \frac{am}{bm},$$

де A – це число обертів рукоятки; a/b – правильний простий нескоротний дріб; m – спільний множник для a та b , вибраний таким чином, щоб добуток bm дорівнював одному з чисел отворів, що є на ділільному диску; am – число поділу кроків, на яке треба повернути рукоятку по колу, що має bm отворів.

10.4. Диференціальний метод поділу

Диференціальний метод поділу застосовують тоді, коли неможливо здійснити простий поділ через відсутність потрібної кількості отворів на ділильному диску.

Суть цього методу полягає в тому, що потрібний поворот заготовки здійснюється як результат двох рухів: обертання рукоятки 5 (рис. 3.2) відносно ділильного диска і додаткового обертання самого ділильного диска. Отже, поворот рукоятки здійснюється відносно диска, який обертається.

Обертання диску надає шпindel через змінні зубчасті колеса за передаточним відношенням $i_{зм} = \frac{Z_1}{Z_2} \frac{Z_3}{Z_4}$, і постійну конічну зубчасту

передачу. Диск при цьому вивільняється від фіксатора, що з'єднує його з корпусом головки.

У диференціальному поділі для визначення числа обертів n рукоятки 5, потрібного для повороту заготовки $1/Z$ частину кола, застосовують ту саму формулу, що і у простому поділі:

$$n = N/Z_{наб},$$

де $Z_{наб}$ – наближене число кроків, що близьке до Z і задовольняє умови простого поділу.

При цьому шпindel головки повернеться на $1/Z_{наб}$ частину оберту замість потрібної $1/Z$ частини. Помилка в повороті шпинделя, яка дорівнює $(1/Z - 1/Z_{наб})$, компенсується поворотом самого ділильного диска, оскільки саме на цю частину кола й має повернутися диск. Для цього потрібно підібрати змінні зубчасті колеса гітари, передатне відношення якої визначається за формулою:

$$i_{зм} = N(z_{наб} - Z) / z_{наб},$$

Якщо $Z_{наб} < Z$, то $i_{зм}$ має від'ємне значення. При цьому ділильний диск має обертатися в бік, протилежний рукоятці 5, що досягається встановленням проміжного (паразитного) зубчастого колеса між колесами Z_1 та Z_2 або Z_3 та Z_4 .

Запитання для самоперевірки.

1. Назвіть призначення і галузь застосування ділильних головок.
2. З яких конструктивних елементів складається ділильна головка?
3. За яким принципом працює ділильна головка? В чому відмінність методів простого диференціального поділу?

РОЗДІЛ 11. МЕТОДИ ОБ'ЄМНОЇ ГАЛЬТУВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

11.1. Загальна характеристика об'ємних гальтувальних технологічних операцій

Обробка деталей у рухомих ємкостях технологічним середовищем має загальну назву – *гальтування* [9]. Гальтування включає в себе об'ємні оздоблювально-очищувальні технологічні процеси очищення поверхонь деталей від заусенцій, задирок, облою та окалин, продуктів корозії, заокруглення гострих країв, відділення деталей від ливників, а також, процеси покращення якості поверхонь виробів: шліфування [10] та полірування.

Оздоблювально-очищувальні операції дуже трудомісткі (іноді займають до 80% технологічного часу) [21]. Відомі три способи [22] очищення поверхонь деталей та покращення їх якості: *з використанням ручної праці* або засобів малої механізації, однак такий спосіб є малоефективним, потребує значного часу та робочого потенціалу; *із застосуванням універсальних пристроїв* (токарні, фрезерувальні, свердлильні та шліфувальні верстати), такий спосіб застосовують при виготовленні деталей, де необхідне зняття точно визначеної величини припуску; *при обробці деталей технологічним середовищем в рухомих робочих ємкостях*, що з точки зору механізації процесів оздоблювально-зачищувальної обробки деталей є найбільш ефективним способом.

При такому способі застосовують гальтувальні барабани різної конструкції, дробометні установки, вібраційні, інерційні та інші машини. Процесами гальтування неможливо забезпечити зняття точно визначеної величини припуску з поверхні виробу, адже, місця зіткнень нерівномірно розподіляються по поверхні виробу, а отже, виникає дещо нерівномірний рівень обробки поверхні деталі. Таким способом обробляють деталі, використання яких не потребує дотримання їх розмірів за квалітетами високої точності, а якість їх обробки можна визначити на основі органолептичного методу. Так обробляються більшість фурнітурних деталей легкої промисловості після лиття та ті, що пройшли механічну обробку [23], таким способом можуть піддаватися обробці різноманітні деталі та складові які використовуються у різних галузях машинобудування та приладобудування, в тому числі в автомобілебудуванні тощо.

Галтування розділяється на *сухе* та *вологе*. При першому способі використовується сухе технологічне середовище, при другому способі в робочу ємкість додається буферний рідинний розчин (зазвичай вода). Зазвичай, при сухому галтуванні обробляється поверхня металевих, а при вологому – поверхня полімерних деталей.

Під час вибору технологічного середовища необхідно враховувати усі фактори його впливу на виріб та тип процесу обробки [24]. Наприклад, при очищенні поверхонь деталей від продуктів корозії використовують бій абразивних кіл, для процесів шліфування та полірування застосовують мілко подрібнені полірувальні пасти [25], для глянцювання виробів додатково внутрішню поверхню робочої ємкості оббивають повстю або шкірою, для очищення виробів від облою у робочу ємкість завантажуються необроблені деталі та різноманітний наповнювач, який може бути у вигляді керамічних, сталених кульок, голковий наповнювач або наповнювач у вигляді сталевих циліндрів, в якості абразивного матеріалу також застосовують скляні кульки діаметром 3-6 мм. При оздоблювально-зачисній обробці дрібних деталей у планетарних барабанах застосовуються наповнювачі з розмірами частинок від 1 до 10 мм [26]. У якості шліфувального матеріалу для виробів із м'якої гуми [22] застосовують мелену цеглу, для жорстких - пемзу, при такій обробці знімається не лише облой [27], але й шар матеріалу по всій поверхні виробу, для посилення ефекту шліфування внутрішню поверхню барабану футерують наждачним папером. Для інтенсифікації процесів галтування деталей, зі складною геометрією, у якості технологічного середовища часто використовують наповнювач з різними геометричними формами: гранули, у вигляді багатогранних призм, паралелепіпедів, кубиків, пірамід, правильних многокутників та ін. У деяких випадках, для інтенсифікації процесів очищення гумово-технічних виробів від ливників та облою застосовують додаткове охолодження рідким азотом.

11.2. Методи механічного впливу технологічного середовища на оброблювану деталь

Методи механічного впливу технологічного середовища на оброблювану деталь поділяються на два типи. Обробка при русі оброблюваної деталі у технологічному середовищі та обробка при дії направленого потоку технологічного середовища на деталь.

Метод обробки деталей при їх русі в технологічному середовищі полягає в механічних контактах, які виникають при зіткненні оброблюваних деталей між собою, зіткненні з абразивними частинками технологічного середовища, а також, при зіткненні оброблюваних деталей з внутрішніми стінками робочої ємкості. В результаті таких зіткнень завжди відбувається ефект пластичної деформації та мікрорізання, зрізання дефектів, згладжування нерівностей, відділення ливників, очищення поверхні деталі, заокруглення гострих країв.

Абсолютно або практично не піддаються абразивній обробці поверхні в отворах, мінімальна кількість співударів виникає у заглибленнях, проточках, значно більша – на плоских поверхнях та максимальна – по виступам, кромках, кутах, гострих краях. Саме тому гранулометричний склад, зернистість та форму технологічного середовища обирають, виходячи з необхідної точності розмірів виробів, шорсткості їх поверхні, а також продуктивності обробки. Таким чином, розмір гранул наповнювача, по можливості, повинен бути в 2 рази меншим від розміру мінімального оброблюваного отвору виробу. Якщо отвори у виробі не підлягають обробці, то розмір гранул повинен, по крайній мірі, в 3 рази перевищувати розмір найбільшого отвору у виробі [28].

Обробка виробів технологічним середовищем заснована на такій взаємодії обробного середовища з виробом, при якому відбувається зачистка та обробка його поверхні. Обробні середовища поділяються по ряду ознак, до яких відносяться: фізичний стан середовища, її рухливість, характер взаємодії на оброблюваний виріб у часі, вид енергії, що підводиться до виробу, а також хімічна активність середовища по відношенню до матеріалу оброблюваного виробу.

Наприклад, при виконання технологічних галтувальних операцій відбувається обробка металевих деталей, формоутворення яких відбувається шляхом лиття. Зокрема, таким чином відділяються металеві деталі замка «блискавка» від ливників. На рис. 11.1 представлено відливки до початку обробки, а на рис. 11.2, деталі, які відділилися від ливників методом галтування.

При обробці виробів технологічним середовищем широко використовуються комбіновані методи обробки, тому слід розглянути ці методи докладніше. При комбінованих методах обробки здійснюється одночасно кілька способів фізико-хімічного впливу та підведення енергії в зону обробки [29]. Прості методи обробки

використовують один вид енергії і один спосіб підведення її в зону обробки. Так, наприклад, широко поширена механічна обробка застосовує механічну енергію при рівномірному відносному русі інструмента і заготовки.



Рис. 11.1. Металеві деталі до початку обробки



Рис. 11.2. Металеві деталі, які відділилися від ливників методом галтування

При виборі технологічного середовища необхідно враховувати всі фактори її впливу на виріб [30]. Наприклад, при обробці склопластиків не рекомендується в якості середовища використовувати воду, так як вона швидко дифундує по капілярах;

при цьому зменшується поверхнева енергія системи, а при наявності залишкових напружень відбувається швидке розвинення тріщин, особливо під впливом експлуатаційного навантаження, що різко знижує міцність виробів.

Методи обробки середовищем доцільно розділити на дві великі групи: методи обробки механічним впливом середовища і методи обробки фізико-хімічним впливом середовища. Класифікація технологічних середовищ представлена на рис. 11.3.

Технологічне середовище											
Фізичний стан			Характер впливу в часі			Рухомість		Вид енергії, що підводиться		Хімічна активність	
Тверді частинки			Одним імпульсом			Нерухома		Механічна		Нейтральна	
Рідини			Пулсуючі			Рухома		Теплова		Агресивна	
Гази			Безперервне					Електрична			
								Електромагнітна			

Рис. 11.3. Класифікація технологічних середовищ

Промислове застосування комбінованих методів обробки призводить до значного підвищення продуктивності обробки та якості виробів. Крім того, в ряді випадків освоєння комбінованих способів обробки дозволяє досягти нових технічних ефектів, наприклад значно збільшити міцність, зносостійкість та інші експлуатаційні параметри виробів.

Методика побудови комбінованих способів обробки визначається закономірностями підсумовування фізичних і хімічних впливів, що визначають процес видалення матеріалу при обробці. Ці

закономірності залежать від наступних факторів: 1) числа і видів фізико-хімічних впливів; 2) способу здійснення кожного впливу в зоні обробки; 3) кількісних характеристик сумісних впливів (передусім величини енергії кожного виду) і їх співвідношення [12]. Розглянемо ці чинники послідовно.

Перший фактор – число і види фізико-хімічних впливів, що підводяться – дозволяє розділити комбіновані методи на три класи.

Перший клас – методи обробки, які використовують один і той же вид енергії, але два різні способи її підвода. Прикладами таких методів можуть служити, наприклад, точіння з накладенням низькочастотних вібрацій для дроблення стружки, а також спосіб, при якому вироби, закріплені на швидкообертовому шпинделі верстата, занурюють в заповнений абразивним матеріалом (порошком) барабан; останній для прискорення процесу обробки крім обертового руху здійснює зворотно-поступальне переміщення.

Другий клас – методи обробки, що поєднують два види енергії, що підводиться в зону обробки. Сюди входять методи обробки механічним впливом середовища з одночасною термічною обробкою, а саме – механічним впливом середовища з підвищеною або пониженою температурою.

Третій клас – методи обробки, що суміщають більше двох різних видів енергії та способів її підвода.

Другий фактор – спосіб здійснення поєднання фізико-хімічних впливів дозволяє розділити комбіновані способи на способи з паралельним і послідовним підведенням енергії, причому при послідовному підводі має значення порядок підведення, тому що цей порядок може впливати на ефективність подібного суміщення.

Третій фактор – кількісне співвідношення різних видів фізичних і хімічних впливів, що поєднуються. Зміна цього співвідношення може призводити до кількісної зміни процесу обробки або викликати його якісні зміни.

При комбінованих методах обробки, перш за все другого класу, результат двох фізичних або хімічних впливів не є їх простою арифметичною сумою, тому що іноді суміщення двох фізичних впливів може дати нові технологічні ефекти, що забезпечують значне підвищення продуктивності обробки, стійкості інструменту та якості обробки виробів. Тому перелік сумісних процесів, їх кількісні характеристики, а також послідовність впливів повинні підбиратися таким чином, щоб мати можливість активізувати один одного.

Широкий діапазон технологічних оздоблювально-зачищувальних операцій виробів різних галузей промисловості, відносна простота реалізації методів галтування на практиці, значна продуктивність та заміщення ручної праці на механізовану є компонентами, які визначають значну актуальність даного типу обробки деталей.

Запитання для самоперевірки.

1. Що таке галтування?
2. Які основні типи об'ємної обробки Вам відомі?
3. Сухе та вологе галтування. Характеристика кожного технологічного процесу.
4. Що таке органолептичний метод оцінки якості поверхні виробів?
5. Переваги та недоліки обробки деталей із використанням методів об'ємної обробки.
6. 6. Які матеріали можуть використовуватися у якості абразиву у вигляді вільних гранул?

РОЗДІЛ 12. ОБЛАДНАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ОБ'ЄМНОЇ ГАЛЬТУВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

12.1. Класифікація та характеристика типів обладнання, що використовується для гальтувальних технологічних процесів

На сьогоднішній день відомий широкий асортимент типів обладнання [31], використовуваного для оздоблювально-зачищувальних процесів обробки деталей [32], котре випускається різними вітчизняними та іноземними виробниками. Усі марки такого обладнання можна умовно розподілити на 9 типів за конструкцією та методами обробки виробів. Класифікація обладнання за конструкцією для оздоблювально-зачищувальних процесів обробки деталей представлена на рис. 12.1.



Рис. 12.1. Класифікація обладнання за конструкцією, для оздоблювально-зачищувальних процесів обробки деталей

Машини типу обертіві барабани (рис. 12.2) є найпростішим, найпоширенішим та історично найпершим обладнанням у даній галузі обробки деталей. В той само час, такий тип обладнання є найменш ефективним, на обробку деталей витрачається значний резерв часу (до 38 годин безперервної роботи машини). Базовою та найпростішою конструкцією обертівого барабану (рис. 12.2, а) є робоча ємкість, яка виконана у формі циліндричного барабану і обертається навколо власної горизонтально розташованої осі [33]. Також відомі найрізноманітніші технічні рішення щодо вдосконалення цієї конструкції і, як наслідок, спроб інтенсифікації процесів гальтування. Використовуються робочі ємкості з гранованим профілем [34] (рис. 39, б), циліндричні барабани зі зміщеною віссю обертання (типу "п'яної бочки"), нахиленою віссю обертання [35], а також,

галтувальні барабани V-подібної форми, в котрих дві циліндричні камери з'єднані між собою під кутом 30° - 75° , запропонована конструкція обертового барабану [36], яка оснащена діафрагмою, що має гвинтову геометричну форму. Відоме технічне рішення [37], де робоча гранована ємкість складається з декількох концентричних співвісно розміщених складових, конусовидної чи іншої форми, які можуть бути встановлені на одній осі та мають можливість обертання в зустрічних напрямках, прилягаючи одне до одного із зазорами, меншими за розмір наповнювача та деталей, що обробляються. Запропонований пристрій для поверхневої обробки деталей [38], який містить робочу камеру, з можливістю обертання навколо власної осі, та змішувальну камеру, яка має лопаті та розташовану всередині робочої камери.

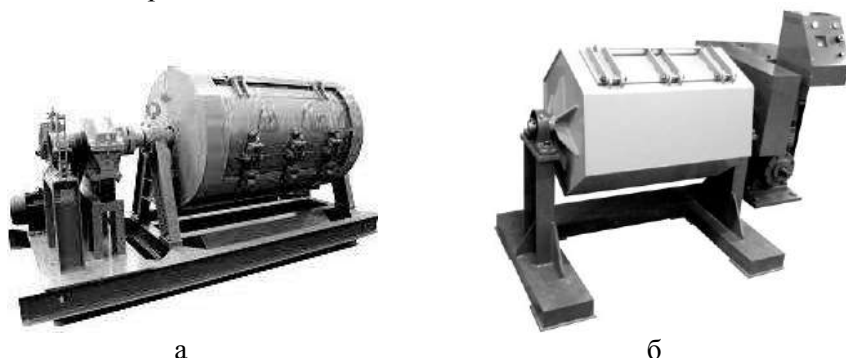


Рис. 12.2. Обертові галтувальні барабани: а – з циліндричною ємкістю, б – з ємкістю, виконаною у формі 6-гранної призми

Шпиндельні машини за своєю конструкцією схожі на роторні машини. У таких машинах шпиндель разом із закріпленими на ньому деталями обертається у робочій ємкості, заповненій абразивним матеріалом. Відомі конструкції машини [39], де робоча ємкість також отримує обертальний рух у напрямку, який зворотній до напрямку обертання шпинделя.

Вібраційні машини. Суть роботи вібраційних машин [40, 41] заключається в послідовному нанесенні великої кількості мікроударів по поверхні оброблюваної деталі. Мікроудари наносяться в результаті зіткнень деталей одна з одною, зі стінками контейнеру, а також з твердими частинками наповнювача при переміщенні технологічного середовища в контейнері пристрою під впливом вібраційних сил. Сфера використання вібраційних установок доволі вузька, в зв'язку з

тим, що вони, головним чином, застосовуються для обробки деталей малих розмірів. Крім того, величина припуску, яку можна зняти з поверхні деталі за допомогою вібраційної установки не перевищує 0,025 мм. До того ж, відомий факт негативного впливу вібрацій на конструкцію самої машини, які здатні викликати виникнення додаткових зусиль, так званий динамічний тиск [42]. Станина механізму також отримує динамічний тиск, який передається на зв'язаний з нею фундамент, здійснюючи шкідливу дію на його кріплення та порушуючи тим самим зв'язок між станиною та фундаментом. Широко застосовують вібраційні машини (рис. 12.3) з конструкцією [43], що складається з U – подібного підпружиненого контейнеру 1, віброзбудника 2 з декількома дебалансами, вал якого через компенсуючу муфту 4 з'єднаний з ротором електродвигуна 5 та пружин 3, які прикріплені до станини 6 та на які встановлений U – подібний контейнер.

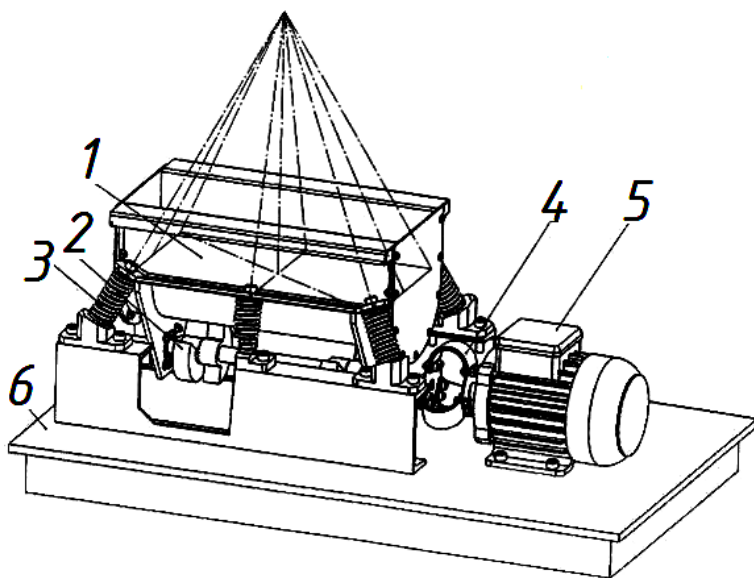


Рис. 12.3. Конструкція вібраційної машини

Відомий спосіб вібраційної обробки [44] засобом шпиндельної вібраційної машини, в якій оброблювані деталі закріплюють на кінці шпинделя, що занурюється в робочу ємкість з абразивним матеріалом,

шпинделю надається обертальний чи коливальний рух [45], абразивному матеріалу – вібраційний рух. Також застосовують складні конструкції вібраційних машин [46] для змішування сипких продуктів, такі як лотково підйомні вертикально-вібраційні змішувачі [47].

Значного підвищення ефективності обробки деталей можна досягнути за рахунок використання **планетарних** [48] та **відцентрових** [49] машин. Процес обробки здійснюється при переміщенні частинок маси робочого середовища (наповнювач і оброблювані деталі) по поверхні деталі при певному контактному тиску. Реалізація процесу в планетарних барабанах дозволяє ефективно використовувати відцентрові сили інерції для досягнення значень зазначених параметрів, що забезпечують інтенсивне протікання процесу обробки. У загальному випадку, в планетарно-відцентровій установці встановлено водило, на якому розташовані барабани з можливістю обертання навколо своїх осей. Водило приводиться в обертання, і робоче середовище, під дією відцентрових сил інерції переміщається в периферійну частину барабана і перемішується завдяки обертанню барабана навколо власної осі, при цьому, найбільш інтенсивна взаємодія частинок відбувається на вільній поверхні утворився масиву. Технологічні можливості, висока продуктивність і простота реалізації методу на практиці сприяють його широкому поширенню.

Існують комбіновані конструкції вібропланетарних машин в яких робоча ємкість з технологічним завантаженням встановлена з можливістю обертання навколо власної осі, центральної осі водила, крім того, робоча ємкість отримує вібраційний рух.

Тривалість і якість обробки в оберткових барабанах визначаються параметрами руху робочого середовища в барабані установки. У свою чергу ці параметри визначаються характером і інтенсивністю силового впливу на робоче середовище. Силowyй же вплив залежить від схеми руху барабанів з робочим середовищем, кутових швидкостей обертання і конструктивних співвідношень установки. У такий спосіб керуючи силовим впливом на робоче середовище стає можливим змінювати інтенсивність обробки, її характер, що дозволяє використовувати одне і теж технологічне устаткування для рішення різних технологічних задач. Схема планетарно-відцентрової установки з вертикальними осями обертання ємкостей і водила представлена на рис. 12.4.

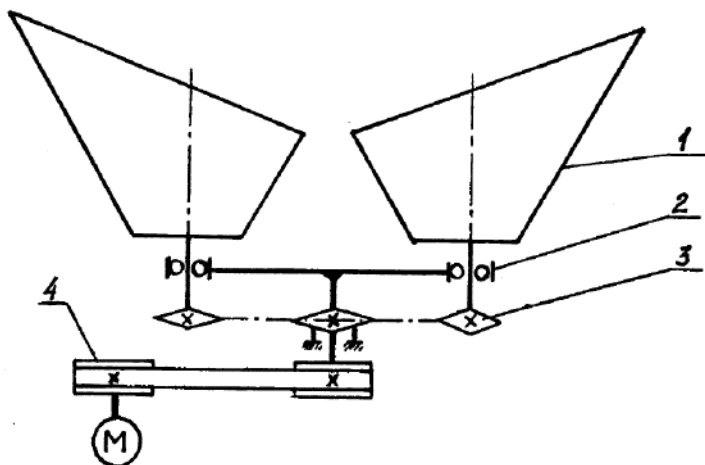


Рис. 12.4. Схема планетарно-відцентрової установки з вертикальними осями обертання ємкостей і водила

У зв'язку з цим перспективним є розвиток технологічних процесів обробки в планетарних барабанах у напрямку інтенсифікації процесів шляхом оптимізації силового впливу на робоче середовище і створення багатофункціонального устаткування з розширеними технологічними можливостями. Здійснення цього можливе в устаткуванні зі складними схемами руху барабанів або видозміною форми барабанів. Форма барабанів визначає кількість робочого середовища, яке рухається в ковзному шарі, можливість утворення в робочому середовищі застійних зон, сили зіткнення елементів середовища зі стінками барабана.

Послідовне нанесення значної кількості мікроударів та інтенсивне перемішування частинок наповнювача і деталей створює умови для ефективного та якісного зачищення деталей від облою.

У планетарно-відцентровій установці з вертикальними осями обертання ємкостей і водила представлений на рис. 12.4 ємності мають форму зрізаного конуса. При обертанні ємкостей відносно осі водила оброблювані деталі і наповнювач під дією відцентрових сил притискуються до тієї стінки ємності, яка описує велике коло, але від того що вона обертається ще і навколо власної осі, робоча суміш рухається від меншої твірної конусу до більшої і навпаки. Оброблювальні деталі і наповнювач здійснюють складний рух всередині об'єму ємності. При цьому виключається можливість

утворення у нижній основі конусу застійних зон. Використання робочих ємкостей описаної конструкції створює умови для більш інтенсивної об'ємної обробки деталей при незначних швидкостях їх руху, що дуже важливо при обробці пластмасових деталей, тому, що в цьому випадку стає неможливим пошкодження їх поверхні від різних ударів під час зіткнень між собою і з наповнювачем.

Машини роторного типу, головним чином, призначені для змішування сипких речовин в робочій ємкості за рахунок обертання в них одного, двох [50] або декількох роторів [51, 52], котрі можуть бути різних конструкцій.

У **щіткових машинах** [53] облой та ливники з оброблюваних деталей видаляються за допомогою спеціальних оберткових щіток. Щіткові машини розподіляються на типи: з рухомою робочою камерою та зі стаціонарною (нерухомою) робочою камерою.

При обробці виробів шляхом впливу на них направленого потоку середовища засобом **дробометних машин**, використовується кінетична енергія цього потоку. У якості середовища може застосовуватися один наповнювач або ж потік скрапленого газу або рідини з наповнювачем.

Окремий тип **комбінованих машин**, які є поєднанням у собі різних типів конструкцій пристроїв. Такими, наприклад, є пристрої [54, 55] для вібраційної шпиндельно-планетарної обробки деталей (рис. 12.5), в яких оброблювані деталі закріплені на шпинделях, що виконують планетарний рух у робочих ємкостях, котрим надано вібраційного руху.

Пристрій для вібраційної шпиндельно-планетарної обробки деталей складається з карусельного маніпулятора та двох або декількох рівномірно розміщених по колу торових вібраційних машин.

Торові вібраційні машини складаються станин 1, на яких за допомогою пружних елементів 2 встановлюються торо-подібні контейнери 3 з електромеханічними приводами і відцентровими вібробуджувачами 4, заповнені сипучим робочим середовищем 5. Вібробуджувачі 4 приводять у рух від електродвигунів (на рис 12.5. не показані) і являють собою вертикальні вали із установленими на їх кінцях парами дебалансних вантажів, які можна повертати навколо валів і фіксувати їх положення стяжними болтами. Кут α – це кут між площинами, що проходять через центри мас пар дебалансних вантажів та вісь вертикальних привідних валів.

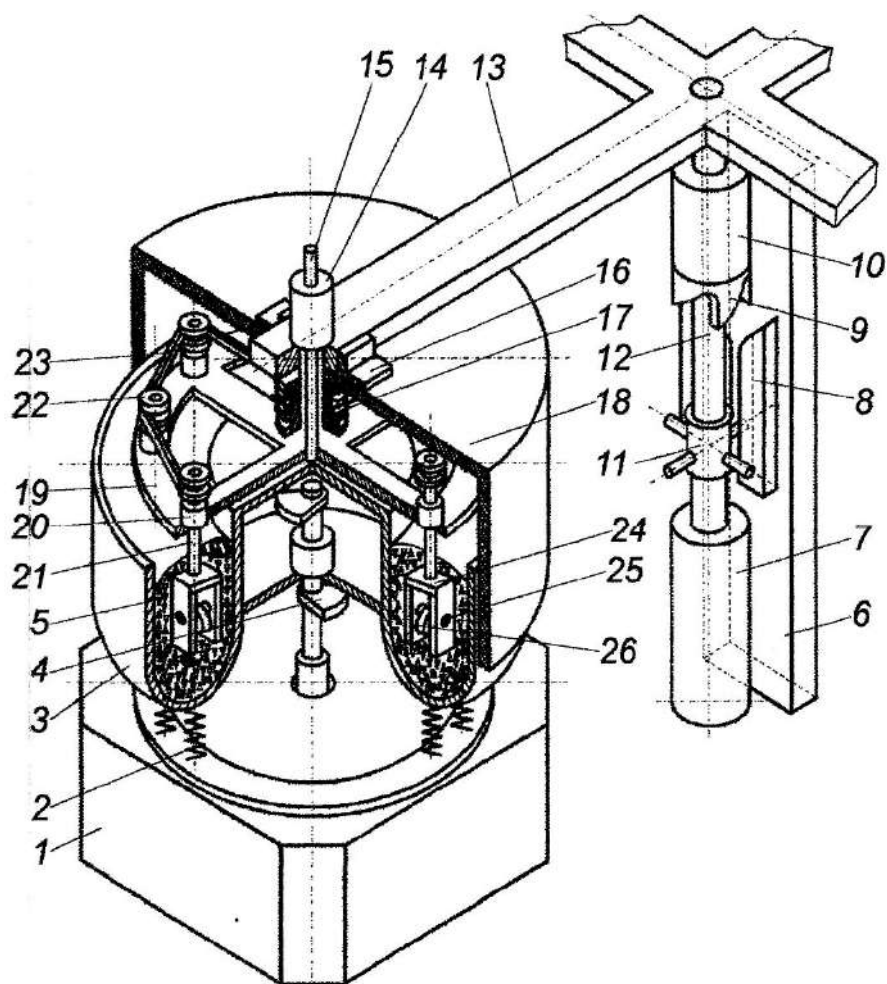


Рис. 12.5. Пристрій для вібраційної шпиндельно-планетарної обробки деталей

Кут α є кутом розвороту дебалансних вантажів. На певній відстані від станин 1 встановлюється вертикальна стійка 6 із прикріпленими до неї: пневмоциліндром 7, напрямними 8 та коронною 9 та; шарнірною 10 втулками. На штоку пневмоциліндра 7, за допомогою упорного підшипника, установлена пальцева хрестовина 11, що у свою чергу жорстко кріпиться до штанги 12, на верхньому кінці останньої

жорстко встановлена багатопроменева траверса 13, на кінці якої знаходиться підвіска для вертикальних валів. Підвіска встановлюються на траверсі 13 співвісно з вертикальною віссю тороподібного контейнера 3, за допомогою центрального шарніра 14 із вертикальною віссю 15. Крім того, до кінця траверси 13 за допомогою кронштейнів 16, кріпиться центральний нерухомий багатопасовий шків 17 і шумопоглинальний ковпак 18, установлювані із зазором сліввісно з центральним шарніром 14 і вертикальною віссю 15. До нижнього кінця останньої, жорстко кріпиться водило 19, із установленими на ньому шпindelними пристроями, що складаються з вертикальних шарнірів 20, з вертикальними осями 21, що рівномірно розміщені по колу, яке має радіус різний радіусу кільцевої осі тороподібного контейнера. До верхніх кінців вертикальних осей 21 кріпляться приводні шківів 22, зв'язані з центральним багатопасовим шківом 17 за допомогою пасів 23, а до нижніх – П-подібні пластини 24 із горизонтальними штифтами 25 на які вільно підвішуються оброблювані деталі 26.

Пристрій працює наступним чином. При включенні віброприводів, генеруються складні просторові коливання торових контейнерів 3, які можна розглядати як суму двох коливань: поступальних коливань його центру мас по горизонтальній круговій траєкторії та кутових коливань навколо центру мас. При цьому кожна точка робочої поверхні тороподібного контейнера 3 коливається по траєкторії, яка має форму нахиленого під певним кутом до горизонтальної площини еліпсу. Причому, точки поверхні тороподібного контейнера 3, які лежать на концентричному із віссю вертикального привідного вала 4 кол}, здійснюють ці коливання із зсувом фаз одна відносно одної. Такі коливання точок поверхонь тороподібного контейнера 3 можна розглядати як розповсюдження вздовж його кільцевої осі квазіхвилі, яка складається із біжучих повздовжньої і поперечної квазіхвилі, що зсунуті одна відносно одної на 90° . Причому, хвилеві фронти обох квазіхвилі мають форму площин, яка проходить через вісь вертикального привідного валу 4, а довжина квазіхвилі рівна довжині концентричного із віссю цього валу кола, вздовж якого вона розповсюджується. Такі коливання точок поверхонь тороподібного контейнера 3, призводять до інтенсивного перемішування і вібротранспортування сипучого робочого середовища 5 вздовж кільцевої осі тороїда і навколо неї. Напрямок вібротранспортування шару сипучого робочого середовища 5 не

залежить від напрямку обертання вертикального привідного валу 4 і завжди здійснюється у напрямку підрахунку кута α розвороту дебалансних вантажів, а від нижньої пари

дебалансних вантажів до верхньої за умови, що цей кут не більший $\alpha < 180^\circ$. Потік сипучого робочого середовища, що здійснює циркуляційний рух, створює динамічний напір, який діє на розміщені в сипучому середовищі П-подібні пластини 24 із оброблюваними деталями 26.

Під впливом цього напору вертикальні осі 21 разом із П-подібними пластинами 24 та оброблюваними деталями 26 починають здійснювати рух уздовж кільцевої осі тороїда, що викликає обертання водила навколо його вертикальної осі. Вертикальні осі 21 зв'язані за допомогою приводних шківів 22 і пасів 23 з центральним нерухомим багатопасовим шківом 17 і рухаються під напором циркулярного руху сипучого робочого середовища 5, навколо нього, що приводить до обертання вертикальних осей 21.

Машини, робоча ємкість яких виконує складний просторовий рух [56 – 63]. В таких машинах робоча ємкість не обмежується переміщенням в одній площині, а виконує складний просторовий рух одночасно відносно трьох взаємноперпендикулярних X, Y, Z осей координат, при цьому може ще й додатково здійснювати обертання навколо власної осі робочої ємкості.

Відома розробка швейцарської компанії Віллі А Бахофен (ВAB) [64] Turbula (рис. 12.6), що представляє собою машину, в якій робоча ємкість виконує складний просторовий рух, цим самим, забезпечує реалізацію гальтувальних технологічних процесів обробки деталей з високою інтенсивністю.

Характер складного руху сипкого середовища [65] в робочій ємкості такої машин дуже подібний до турбулентного режиму руху рідини чи газу [66], в результаті якого кожна оброблювана деталь, при переміщенні в середині ємкості, отримує всі ступені свободи, таким чином, відбувається процес рівномірної обробки деталей з усіх її боків. При обробці виробів турбулентним методом використовують механічну взаємодію між оброблюваними виробами, між виробами та внутрішньою поверхнею робочої ємкості, а також між оброблюваними виробами та наповнювачем.



Рис. 12.6. Машина зі складним просторовим рухом робочої ємкості

Машина зі складним просторовим рухом робочої ємкості містить станину 1, ведучий 2 та ведений 6 вали, які встановлені в станині паралельно в одній площині та з'єднані між собою подвійним просторовим шарніром, що виконаний у вигляді ведучої вилки 3, веденої вилки 5 та робочої ємкості 4, осі кріплення вилок до робочої ємкості 7 та 8 взаємо перпендикулярні між собою. Рухомі ланки машини утворюють собою просторовий шестиланковий механізм з обертальними кінематичними парами, кінематична схема якого представлена на рис. 12.7.

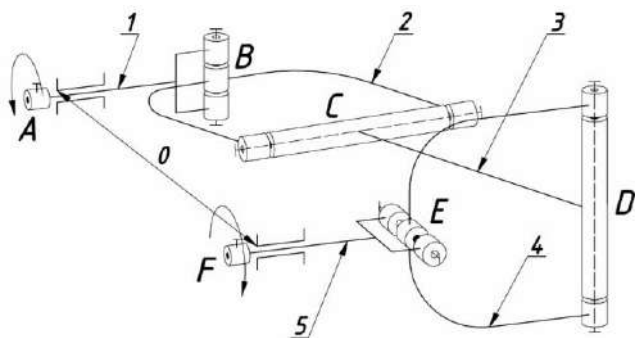


Рис. 12.7. Кінематична схема механізму машини зі складним просторовим рухом робочої ємкості

Механізм машини являє собою замкнений кінематичний ланцюг ABCDEF, вісі A та F, паралельні між собою, а вісі A і B, B і C, C і D, D і E, E і F перпендикулярні між собою відповідно. Завдяки такому розташуванню кінематичних пар, робочий орган (ланка 3) виконує складний просторовий рух. Просторові механізми з обертальними кінематичними парами характеризуються своєю структурною складністю будови.

Запитання для самоперевірки.

1. Охарактеризуйте основні типи галтувального обладнання.
2. Вібраційні машини: переваги та недоліки.
3. Що таке машини зі складним просторовим рухом робочої ємкості?
4. Сфера використання роторних та щіткових машин.
5. Наведіть приклад комбінованих галтувальних машин.

РОЗДІЛ 13. ХАРАКТЕР РУХУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОНАННІ ГАЛТУВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

13.1. Загальна характеристика режимів руху робочого середовища в середині рухомих ємкостей

В роботах [67 – 69] показано, що переміщення сипкого робочого середовища у змішувальних та галтувальних робочих ємкостях, може реалізовуватися за рахунок каскадного, водоспадного та змішаного або закритичного режимів руху. Кожен режим руху відповідає певному типу обробки деталей різних галузей промисловості або змішування сипких речовин.

Каскадний режим руху [70, 71] спостерігається при невеликій частоті обертання робочої ємкості або при низькій кутовій швидкості ведучого валу машини зі складним рухом робочої ємкості. Основний масив частинок рухається по круговим траєкторіям зі швидкістю обертання циліндричного барабану. В машинах зі складним рухом робочої ємкості вони можуть рухатися і по інших, відмінних від кругових траєкторій, однак верхній шар сипкого матеріалу фактично не відривається від загального масиву і, тим паче, від стінок робочої ємкості. Частинки, досягнувши верхнього положення, зсипаються вниз по похилій площині. При каскадному режимі руху відсутній вільний політ частинок. Об'єм сипкого матеріалу, що рухається на 10% більше від статичного об'єму.

Зі збільшенням частоти обертання барабану чи кутової швидкості ведучого валу машини зі складним рухом робочої ємкості настає змішаний режим руху [72], який характеризується поєднанням у собі каскадного та водоспадного режимів. Спостерігається відрив верхнього шару сипкого матеріалу від загального масиву. Перехід від каскадного до змішаного режиму руху [73, 74] відбуватиметься в тому випадку, якщо від загальної маси сипкого середовища відділиться такий об'єм частинок, що відповідатиме приблизно 50% від загального масиву. Частинки з кругових траєкторій переходять на параболічні, а потім, падаючи на масив матеріалу, скочуються або проковзують по ньому і знову повертаються на кругові траєкторії. Об'єм, зайнятий рухомих матеріалом, значно перевищує статичний об'єм.

При ще більш високій частоті обертання барабану чи кутовій швидкості ведучого валу машини зі складним рухом робочої ємкості змішаний режим руху переходить у чисто водоспадний, який характеризується замкненими траєкторіями, що не перетинаються.

При водоспадному режимі відсутня ділянка пересипання частинок, а практично увесь об'єм сипкого матеріалу відриватиметься від поверхні стінок робочої ємкості.

Дещо відмінна характеристика водоспадного режиму руху описується в монографії В.Ф. Першина [75]. В обертових барабанах відбувається циркуляційний рух, при якому матеріал утворює замкнений циркуляційний контур, при цьому частина сипкого матеріалу рухається або ж по відкритій поверхні викривленого сегменту сипкого масиву, або ж знаходиться в польоті. Тут наголошується на тому, що не весь масив сипкого матеріалу, при водоспадному режимі, повинен відриватися від стінок робочої ємкості.

Відомий також закритичний режим руху, при якому весь сипкий масив обертається разом з барабаном. Він характерний виключно для обертових машини, виникає за рахунок того, що значення нормальних (відцентрових) сил інерції перевищує значення сил тяжіння. Виникає при значній частоті обертання циліндричного барабану. У машині зі складним рухом робочої ємкості виникнення такого режиму руху апіорі не є можливим за рахунок перманентної циклічної зміни напрямку руху сипкого масиву.

Проведеними раніше дослідженнями [76, 77] встановлено, що для оздоблювально-зачисної обробки раціонально реалізовувати каскадний режим, у ряді випадків може застосовуватись каскадно-водоспадний режим руху.

Як вже зрозуміло, зміна режимів руху сипкого середовища в робочій ємкості залежить від частоти обертання барабану або кутової швидкості ведучого валу машини зі складним рухом робочої ємкості.

Схеми режимів руху сипкого середовища в циліндричному обертовому барабані за В.Ф. Першиним представлені на рис. 13.1.

Переміщення сипкого середовища у робочій ємкості, яка виконує складний просторовий рух, характеризується відповідними режимами його руху: каскадним, змішаним та водоспадним. Зміна режимів руху сипкого робочого середовища залежить від інтенсивності переміщення ємкості, яка, в свою чергу, залежить від кутової швидкості ведучого валу машини. Робота машини зі складним рухом робочої ємкості характерна тим, що при відносно невеликих кутових швидкостях ведучого валу реалізується водоспадний режим руху за рахунок різкої зміни траєкторії переміщення робочої ємкості. Найбільш інтенсивне переміщення сипкого середовища відбувається

вздовж осі ємкості, яке чергується з періодами спокою та зміною напрямку переміщення.

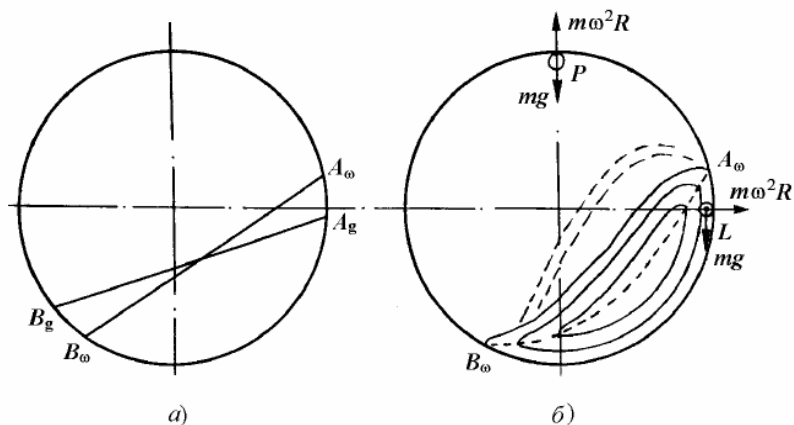


Рис. 13.1. Схеми режимів руху сипкого середовища в циліндричному обертovому барабані: а) при каскадному режимі руху; б) при циркуляційному режимі

Так при реалізації каскадного режиму руху робоче середовище за весь час роботи машини, практично у вигляді єдиного сипкого масиву, переміщається по внутрішній поверхні робочої ємкості, змінюючи при цьому геометричну форму масиву. У випадку змішаного режиму руху (каскадно-водоспадного чи водоспадно-каскадного), одна частина сипкого масиву рухається як єдине ціле, а інша його частина відривається від загального масиву, розділяється на окремі частинки та перебуває у стані вільного руху, описуючи певну траєкторію. При реалізації водоспадного режиму руху, у процесі переміщення між торцями ємкості, фактично весь сипкий масив відривається від поверхні барабану.

13.2. Особливості реалізації режимів руху сипкого середовища в ємкостях, які виконують складний просторовий рух

Однак, на відміну від звичайних обертovих барабанів, в яких при однаковій частоті обертання ємкості, впродовж усього періоду роботи машини зберігається однакова інтенсивність переміщення сипкого масиву, в машині зі складним рухом робочої ємкості, незважаючи на той чи інший режим руху сипкого середовища, завжди існуватимуть

такі положення ємкості, при яких практично все сипке середовище перебуватиме у стані спокою у вигляді єдиного сипкого масиву. Таким чином, навіть вільний політ частинок при водоспадному режимі руху чергуватиметься періодами спокою. Саме в ті моменти, коли сипке робоче середовище, переміщаючись від одного торця ємкості, вздовж її осі, досягатиме протилежного, воно стикатиметься з ним та на короткий проміжок часу зупинятиметься, так припинятиметься водоспадний чи змішаний режим руху, адже переважна більшість сипкого середовища у вигляді єдиного масиву буде сконцентрована біля одного з торців робочої ємкості, вільне переміщення чи політ окремих частинок буде фактично відсутній або зведений до мінімуму. Після періоду спокою сипкий масив знову почне свій рух, однак, вже у зворотному напрямі. Саме інтенсивність переміщення ємкості, зумовлена її прискореним рухом, задаватиме відповідний подальший характер переміщення сипкого середовища, який буде забезпечувати відповідний режим руху.

На рис. 13.2 представлено зображення робочої ємкості експериментального стенду, в якій утворюється змішаний каскадно-водоспадний режим руху.

Від загального масиву спочатку починають відриватися частинки, які утворюють його верхній шар за рахунок того, що мають значно меншу масу в порівнянні з усім сипким масивом, а вже згодом, зі збільшенням кутової швидкості ведучого валу та інтенсивності переміщення робочої ємкості, весь сипкий масив відривається від її стінки. В траєкторіях частинок можна виділити їх основні переміщення: вертикальне (вгору) та горизонтальне (вздовж осі ємкості).

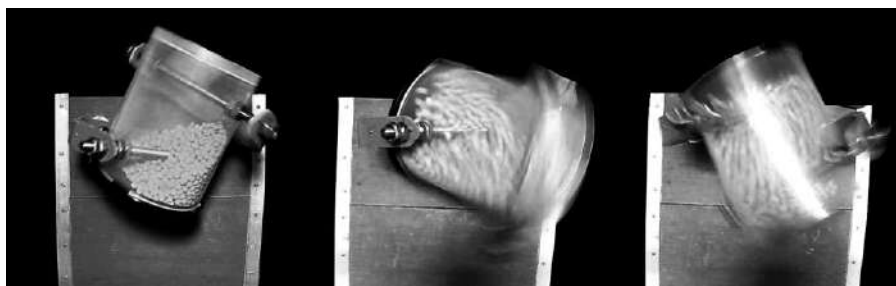


Рис. 13.2. Зображення робочої ємкості експериментального стенду, в якій утворюється змішаний каскадно-водоспадний режим руху

При кутовій швидкості ведучого валу в 1,1 рад/с режим руху був каскадним, частинки, під час переміщення, не відділялися одна від одної, а перекочувалися та проковзували по поверхні робочої ємкості та одна відносно іншої. Характер переміщення сипкого середовища представлений на рис. 13.3.

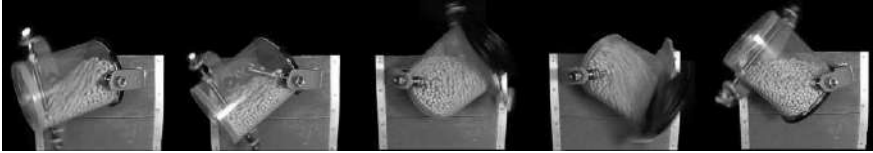


Рис. 13.3. Характер переміщення сипкого середовища при кутовій швидкості ведучого валу в 1,1 рад/с

При кутовій швидкості в 2,1 рад/с в каскадному режимі почали проявлятися перші ознаки водоспадного режиму руху, що утворювалися при різкому русі вниз частини циліндричного барабану, яка знаходиться ближче до веденого валу машини. А при плавному русі вниз частини циліндричного барабану, яка знаходилась ближче до ведучого валу машини, залишався каскадний режим руху. Явно домінуючим був каскадний режим руху сипкого середовища. Такий режим руху можна охарактеризувати як змішаний каскадно-водоспадний.

Добре виражене поєднання двох режимів руху сипкого середовища спостерігалось при кутовій швидкості в 3,2 рад/с. До торця ємкості, який розташований ближче до веденого валу машини сипкий масив рухався з відривом від стінок, реалізуючи при цьому водоспадний режим руху, а в зворотному напрямі сипкий масив ще не здатен був перейти до стану вільного польоту частинок, тому залишався все ще каскадний режим руху. Загальний режим руху є змішаним з однаковим проявом як каскадного так і водоспадного режимів. На рис. 13.4 представлено характер переміщення сипкого середовища у двох протилежних напрямках робочої ємкості: а) до торця ємкості, який розташований ближче до веденого валу, б) до торця ємкості, який розташований ближче до ведучого валу машини.

При збільшенні кутової швидкості ведучого валу до 4,2 рад/с режим руху став майже водоспадним, лише при переміщенні сипкого масиву до торця ємкості, який розташований ближче до ведучого валу, все ще залишалися ознаки каскадного режиму руху – це змішаний водоспадно-каскадний режим.

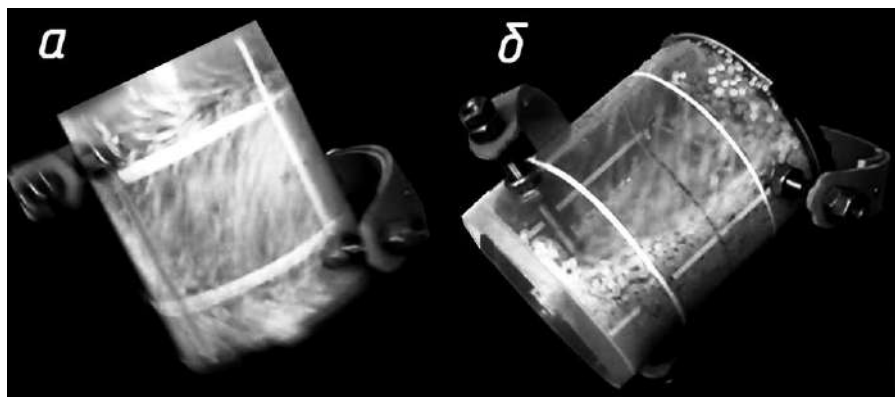


Рис. 13.4. Переміщення сипкого середовища у двох протилежних напрямках ємкості

При досягненні кутової швидкості в $5,3 \text{ рад/с}$ режим руху сипкого середовища в робочій ємкості став практично водоспадним, сипкий масив під час переміщення повністю відривався від стінки ємкості. Тим не менш, спостерігалася різна інтенсивність руху сипкого масиву при переміщенні від одного торця ємкості до протилежного та навпаки. Характер переміщення сипкого середовища при кутовій швидкості ведучого валу в $5,3 \text{ рад/с}$ представлений на рис. 13.5.



Рис. 13.5. Характер переміщення сипкого середовища при кутовій швидкості ведучого валу в $5,3 \text{ рад/с}$

Проаналізувавши схеми переміщення сипкого масиву у двох ємкостях при забезпеченні однакового режиму руху, можна, по-перше, ще раз переконатися у тому, що інтенсивність переміщення сипкого середовища в середині робочої ємкості типу Turbula значно більша, ніж в обертовому барабані, а, по-друге, впевнитися у тому, що найбільш інтенсивна обробка виробів відбуватиметься у верхніх шарах сипкого масиву. Спираючись на вирази, які наведені в роботі [78] та схеми представлені на рис. 13.6, можна переконатися, що приблизна висота рухомого шару сипкого масиву, що має найбільшу

швидкість переміщення по відношенню до умовно знерухомленої частини сипкого середовища не перевищує 0,1 м.

Не дивлячись на те, що конструкція машини типу Turbula відома ще з 1960 року та характеризується своїми явними перевагами з-поміж інших більш простих типів подібного обладнання, до теперішнього часу сфера застосування її полягає переважно у галузі процесів змішування сипких речовин. Лише на оглядовому рівні подано інформацію щодо процесів обробки деталей засобом такої машини. На відміну від добре досліджених процесів змішування сипких речовин та оздоблювально-зачишувальних операцій у обертових циліндричних барабанах, для конструкції машини зі складним рухом робочої ємкості не встановлено граничні значення кутової швидкості ведучого валу, які впливають на зміну режимів руху сипкого середовища в середині ємкості, відсутня повноцінна інформація щодо конструкції кінематичного ланцюга машини та кінематики переміщення сипкого середовища.

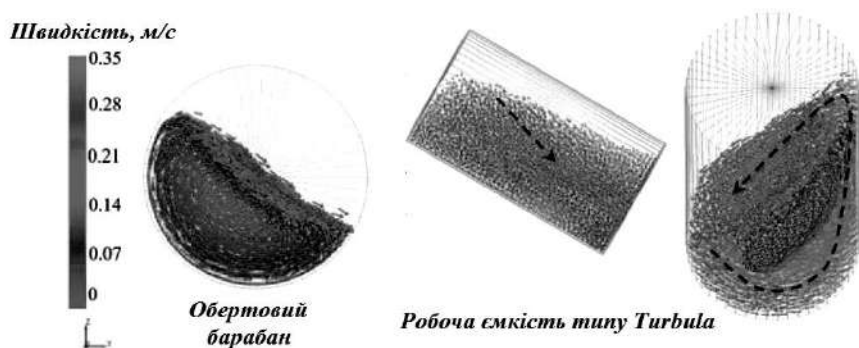


Рис. 13.6. Схеми переміщення шарів сипкого масиву в середині обертового барабану та робочої ємкості типу Turbula

З представленої вище інформації зроблено висновок, що отримані результати різних дослідників в деяких аспектах мають відмінний, а іноді й суперечливий характер. Так, наприклад, у роботі наголошується на тому, що заповненість робочої ємкості, що виконує складний просторовий рух при обробці деталей повинна становити 80% від її загального об'єму, в той час, як автор М. Marigo [79], на основі своїх досліджень та розрахунків вказує, що заповнення робочої ємкості не повинно перевищувати 50%. Автор В.І. Коротич вважає,

що при коефіцієнтах заповнення циліндричного барабану $\Theta > 30-50\%$ практично відсутнє вільне проковзування сипкого масиву по його поверхні, що не може забезпечити виконання технологічних операцій щодо якісної обробки поверхонь виробів, значно збільшує час, що витрачається на обробку деталей. В.І. Коротич не рекомендує заповнювати ємкість більш ніж на 50% від її загального об'єму.

Окрім цього, неможливо з раціональної точки зору порівнювати між собою результати, отримані щодо процесів змішування та обробки виробів у машинах з обертовою робочою ємкістю та машинах з робочою ємкістю, що виконує складний просторовий рух.

Однак, велика кількість науковців у своїх висновках схильна до твердження, що обробка деталей та змішування речовин у машині зі складним рухом робочої ємкості є більш інтенсивною та продуктивною, ніж при використанні інших типів обладнання, деякі види якого, наприклад, обертові барабани є застарілими малоефективними конструкціями, які поступово втрачають свій авторитет, вилучаються або замінюються на більш актуальні конструкції машин, що застосовуються на підприємствах.

Запитання для самоперевірки.

1. Які режими руху сипкого робочого середовища Вам відомі?
2. Що таке каскадний режим руху сипкого середовища?
3. Що таке водоспадний режим руху сипкого середовища?
4. На які два типи умовно можна розділи змішаний режим руху сипкого середовища?
5. Для якого обладнання характерними можуть бути змішаний каскадно-водоспадний, а також змішаний водоспадно-каскадний режими руху сипкого робочого середовища?
6. Який режим руху сипкого середовища необхідно забезпечити для реалізації галтувальних технологічних операцій відділення деталей від ливників?

ТЕСТОВІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРОМІЖНИХ АТЕСТАЦІЙ

Розділ 1. Шорсткість поверхні

1.1. Характеристик нерівностей поверхні, виражена у числових величинах, що визначає ступінь відхилення на базовій довжині від теоретично гладкої поверхні, називається:

- А) Хвилястість поверхні;
- Б) Шорсткість поверхні;
- В) Мікронерівності поверхні.

1.2. Лінія, що використовується для виділення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні, і для кількісного визначення їх параметрів, називається:

- А) Теоретична лінія;
- Б) Базова лінія;
- В) Середня лінія;
- Г) Загальна лінія.

1.3. Сукупність нерівностей поверхні, які циклічно повторюються – це:

- А) Шорсткість поверхні;
- Б) Хвилястість поверхні;
- В) Мікронерівності поверхні;
- Г) Ступінчастість;

1.4. Методи оцінки шорсткості поділяють на:

- А) Щупові та оптичні;
- Б) Прямі та непрямі;
- В) Прямі та зворотні;
- Г) Профілографом та мікроскопом.

1.5. Пристрій, що призначений для виміру нерівностей поверхні на основі дотикання до досліджуваної поверхні алмазною голкою, що рухається заданим шляхом на певній відстані – це:

- А) Профілометр;
- Б) Інтерференційний мікроскоп;
- В) Мікрометр;
- Г) Штангенциркуль.

1.6. Знаком Ra позначають:

- А) Найбільшу висоту нерівностей профілю;
- Б) Середнє арифметичне відхилення профілю;
- В) Висота нерівностей профілю за 10-ма точками.

1.7. Знак шорсткості поверхні, який означає, що шорсткість досягається шляхом видалення шару матеріалу при фрезеруванні, точінні тощо:

- А)  ;
- Б)  ;
- В)  .

1.8. Індекс над знаком (0,5), що вказується лише числовим значенням означає, що:

- А) Всота нерівностей профілю за 10-ма точками не перевищує 0,5 мкм;
- Б) Середнє арифметичне відхилення профілю не перевищує 0,5 мкм;
- В) Найбільша висота нерівностей профілю не перевищує 0,5 мкм.

1.9. Знак Rz означає:

- А) Найбільша висота нерівностей профілю;
- Б) Найменша висота нерівностей профілю;
- В) Середня висота нерівностей профілю.

1.10 Найбільш швидким та простим способом контролю та перевірки шорсткості є:

- А) Прямий метод;
- Б) Метод порівняння поверхні деталі з еталонним зразком;
- В) Метод із застосуванням профілометрів чи профілографів.

Розділ 2. Класифікація металорізального обладнання

2.1. Машини для розмірної обробки заготовок шляхом зняття припуску це –

- А) Токарний верстат;
- Б) Металорізальний верстат;
- В) Фрезерний верстат;
- Г) Свердлильний верстат.

2.2. Вал (обертova деталь металорізального верстату), який оснащений пристроєм для закріплення виробу, що обробляється (заготовки) в затискному патроні називається:

- А) Шпindelь;
- Б) Супорт;
- В) Свердло;
- Г) Коробка подач.

2.3. Металорізальні верстати поділяються за масою. Обладнання, яке має масу від 60 до 100 т називається:

- А) Велике;
- Б) Важке;
- В) Особливе важке;
- Г) Унікальне;
- Д) Легке.

2.4. Металорізальні верстати поділяються за масою. Обладнання, яке має масу понад 100 т називається:

- А) Велике;
- Б) Важке;
- В) Особливе важке;
- Г) Унікальне;
- Д) Легке.

2.5. Верстати, які головним чином призначені для обробки поверхонь обертання:

- А) Свердлильні;
- Б) Токарні;
- В) Фрезерні;
- Г) Шліфувальні.

2.6. Машини, які призначені для обробки дрібних деталей, якість яких визначається органолептичним методом це:

- А) Полірувальні;
- Б) Шліфувальні;
- В) Зубообробні;
- Г) Галтувальні.

2.7. Припуск це –

- А) Шар матеріалу, який необхідно залишити на поверхні деталі у процесі механічної обробки;
- Б) Шар матеріалу, який знімають з деталі під час механічної обробки;
- В) Це відстань від обробної циліндричної поверхні деталі до торцевої частини токарного різця.

2.8. Найпоширенішими металорізальними верстатами є:

- А) Свердлильні;
- Б) Фрезерні;
- В) Токарні;
- Г) Галтувальні;
- Д) Шліфувальні.

2.9. У токарному верстаті головний рух це:

- А) Поступальний рух різця;
- Б) Обертальний рух різця;
- В) Поступальний рух заготовки;
- Г) Обертальний рух заготовки.

2.10. У токарному верстаті головний рух це:

- А) Обертальний рух заготовки;
- Б) Обертальний рух різця;
- В) Поступальний рух заготовки;
- Г) Поступальний рух різця.

2.11. У токарному верстаті рух подачі це:

- А) Обертальний рух заготовки;
- Б) Обертальний рух різця;
- В) Поступальний рух заготовки;
- Г) Поступальний рух різця.

Розділ 3. Точіння. Токарні верстати

3.1. Токарний верстат, в якому одночасно можуть оброблятися декілька деталей – це

- А) Револьверний;
- Б) Багатошпиндельний;
- В) Карусельний;
- Г) Одношпиндельний.

3.2. Основне призначення токарних верстатів –

- А) Обробка поверхонь тіл обертання; В) Нарізання різьби;
Б) Обробка площин; Г) Шліфування поверхні.

3.3. Чи можна на токарному верстаті обробляти площини?

- А) Так; Б) Ні;
В) Лише площини, які перпендикулярні до осі обертання заготовки.

3.4. Головний вал – шпindel, коробка швидкостей в токарному верстаті розміщені в:

- А) Задній бабці; В) Станині;
Б) Передній бабці; Г) Супорті.

3.5. Пристрій у токарному верстаті, який призначений для підтримання за допомогою центра правого кінця заготовки, називається:

- А) Головний вал; В) Передня бабка;
Б) Шпindel; Г) Задня бабка;
Д) Супорт.

3.6. Фасонні поверхні значної довжини обробляють на:

- А) Токарно-гвинторізного верстаті;
Б) Револьверному верстаті;
В) Карусельному верстаті;
Г) Спеціалізованому верстаті;
Д) На верстатах з числовим програмним керуванням.

3.7. Нарізати різьбу на токарному верстаті можна:

- А) Плашками;
Б) Мітчиками;
В) Різьбовими різцями.

Розділ 4. Точіння. Основні види токарних різців та їх застосування

4.1. Вкажіть, який тип різців з перелічених не існує.

- А) Прохідні; Г) Підхідні;
Б) Різьбові; Д) Канавні;
В) Фасонні; Є) Відрізні;
Ж) Розточні.

4.2. Різець складається з таких основних частин (вказати ці частини з вказаних варіантів). Відповідей може бути декілька:

А) Робоча частина;

Б) Тіло (тримач);

В) Перехідна частина;

Г) Допоміжна частина.

4.3. Різці використовують у таких типах верстатів:

А) Фрезерувальні;

Б) Свердильні;

В) Токарні;

Г) Ріжучі;

Д) Шліфувальні.

4.4. Канавка, що виконується різцем на внутрішній циліндричній поверхні деталі має назву:

А) Технологічна канавка;

Б) Проточка;

В) Галтель;

Г) Фаска;

Д) Скруглення.

4.5. Конструктивний елемент у вигляді скошеної частини гострого ребра чи кромки на металевих, дерев'яних та інших виробках:

А) Технологічна канавка;

Б) Проточка;

В) Галтель;

Г) Фаска;

Д) Скруглення.

4.6. За конструктивним виконанням різці поділяються на:

А) Суцільні та складні;

Б) Суцільні та зварні (паяні);

В) Ліві та праві;

Г) Суцільні та механічно з'єднані;

Д) Суцільні та несущі.

4.7. Фасонний різець призначений для:

А) Виконання канавок;

Б) Обробки торцевих площин;

В) Виконання складних криволінійних поверхонь;

Г) Відрізання циліндричних частин.

4.8. Як рухається різець?

А) Обертально; В) Плоско-паралельно;

Б) Поступально; Г) Може рухатися поступально та обертально.

4.9. Різці найчастіше виготовляють з:

А) Нержавіючої сталі;

Б) Чавуну;

В) Швидкорізальної сталі;

Г) Повільнорізальної сталі.

4.10. За розташуванням осі гловки різця розрізняють такі типи:

А) Прямі та відігнуті;

Б) Ліві і праві;

В) Чорнові та чистові;

Г) Передні і задні.

Розділ 5 – 6. Фрезерування. Фрезерні верстати. Основні типи фрез та їх призначення

5.1. У фрезерних верстатах головний рух – це:

- А) Обертання фрези;
- Б) Переміщення столу верстата разом із заготовкою;
- В) Поступальний рух фрези;
- Г) Поступальний рух заготовки;
- Д) Обертальний рух заготовки.

5.2. Найпоширенішим фрезерним верстатом є:

- А) Горизонтально-фрезерний;
- Б) Вертикально-фрезерний;
- В) Консольно-фрезерний;
- Г) Шпонково-фрезерний;
- Д) Різьбофрезерний.

5.3. Фрезерування торцевими та кінцевими фрезами здійснюється на такому типі фрезерного верстата:

- А) Горизонтально-фрезерний;
- Б) Вертикально-фрезерний;
- В) Консольно-фрезерний;
- Г) Шпонково-фрезерний;
- Д) Різьбофрезерний.

5.4. Т-подібні і типу «ластівчиного хвоста» пази фрезерують на такому типі фрезерного верстата:

- А) Горизонтально-фрезерний;
- Б) Вертикально-фрезерний;
- В) Консольно-фрезерний;
- Г) Шпонково-фрезерний;
- Д) Різьбофрезерний.

5.5. Процес обробки різанням, при якому різальний інструмент виконує обертальний (головний) рух, а заготовка, що обробляється, – поступальний чи обертальний рух подачі:

- А) Точіння;
- Б) Фрезерування;
- В) Свердління;
- Г) Розточування;
- Д) Розвертання;
- Є) Галтування.

5.6. За конструктивними ознаками фрези поділяють на:

- А) Суцільні та зі вставними зубцями;
- Б) Гострозаточеними та затилованими зубцями;
- В) Циліндричні та торцеві;
- Г) Зовнішні та внутрішні.

5.7. Тіло обертання на поверхні якого розміщено різальні зубці – це:

- А) Свердло;
- Б) Токарний різець;
- В) Фреза;
- Г) Зенкер.

- 5.8. Фасонні фрези призначені для:
- А) Виконання шпонкових канавок;
 - Б) Обробки площин;
 - В) Виконання складних криволінійних поверхонь;
 - Г) Розрізання матеріалів.
- 5.9. В залежності від способі кріплення існують наступні типи фрез:
- А) Насадні;
 - Б) Фасонні;
 - В) Кінцеві;
 - Д) Складні;
 - Є) Торцеві;
 - Ж) Зі вставними зубцями.
 - Г) Суцільні;
- 5.10. Тип верстатів, що є найпоширенішими після верстатів токарної групи:
- А) Фрезерувальні;
 - Б) Токарні;
 - В) Свердлильні;
 - Г) Шліфувальні;
 - Д) Полірувальні;
 - Є) Галтувальні.

Розділ 7. Свердління. Свердлильні верстати

- 7.1. На свердлильних верстатах нарізають різьбу за допомогою:
- А) Зенкера;
 - Б) Плашки;
 - В) Мітчика;
 - Г) Розвертки.
- 7.2. Найбільш застосовуються:
- А) Горизонтально-свердлильні верстати;
 - Б) Вертикально-свердлильні верстати;
 - В) Радіально-свердлильні верстати;
 - Г) Багатошпіндельні верстати.
- 7.3. На вертикально-свердлильному верстаті обробляють отвори в деталях масою до:
- А) 10 кг;
 - Б) 100 кг;
 - В) 1 т;
 - Г) 500 кг;
 - Д) 25 кг.
- 7.4. Верстати, які призначені для обробки отворів у великогабаритних важких деталях:
- А) Горизонтально-свердлильні верстати;
 - Б) Вертикально-свердлильні верстати;
 - В) Радіально-свердлильні верстати;
 - Г) Багатошпіндельні верстати;
 - Д) Центрувальні.

- 7.5. У горизонтально-свердлильного верстата головний рух це:
А) Обертальний рух ріжучого інструменту;
Б) Поступальний рух свердла;
В) Обертальний рух заготовки;
Г) Поступальний рух заготовки.
- 7.6. Вертикальне переміщення шпинделя горизонтально-свердлильного верстата регулюється за допомогою:
А) Коробки швидкостей; В) Ричажного механізму;
Б) Коробки подачі; Г) Механічної передачі.
- 7.7. У свердлильному верстаті заготовка:
А) Рухома;
Б) Нерухома; В) В залежності від типу свердлильного верстату.
- 7.8. З переліченого вкажіть допоміжний інструмент для закріплення свердла, в якому діаметр хвостовика менший за діаметр конічної конічного отвору шпинделя:
А) Цанговий патрон;
Б) Кондуктор; В) Перехідна втулка.
- 7.9. У свердлильному верстаті свердло виконує:
А) Головний рух; В) Рух подачі;
Б) Допоміжний рух; Г) Одночасно головний рух та рух подачі.
- 7.10. Основна, відносно нерухома, корпусна частина машини (агрегату, верстата), на якій монтують усі механізми, вузли та деталі, що призначена для просторового координування, розташування і кінематичного зв'язку інших частин машини, а також для сприйняття силових факторів, що діють між ними під час роботи.
А) Фундамент; В) Траверса;
Б) Станина; Г) Шпиндель;
Д) Консоль.

Розділ 8. Обробка отворів на свердлильних верстатах.

Свердла, зенкери, розвертки

- 8.1. Процес обробки циліндричних литих, штампованих або попередньо просвердлених отворів спеціальним різальним інструментом для надання їм правильної геометричної форми, потрібних розмірів та необхідної шорсткості поверхні – це
А) Свердління; В) Зенкування;
Б) Зенкерування; Г) Цекування;

Д) Розточування отворів.

8.2. Процес утворення циліндричних або конічних заглиблень у попередньо просвердлених отворах під головки болтів, гвинтів та інших деталей:

- А) Розсвердлювання; В) Зенкування;
Б) Зенкерування; Г) Цекування.

8.3. Процес обробки торцевих поверхонь під гайки, шайби та кільця – це

- А) Розвертання; В) Зенкування;
Б) Зенкерування; Г) Цекування;
Д) Розточування отворів.

8.4. Отвори великого діаметру (більше 100 мм) у важких габаритних деталях слід свердлити таким типом свердла:

- А) Перовим; В) Кільцевим;
Б) Спиральним; Г) Глибокого свердління; Д) Центрувальним.

8.5. Зазвичай діаметр спіральних сверدل не перевищує:

- А) 80 мм; Б) 100 мм; В) 50 мм; Г) 120 мм; Д) 150 мм.

8.6. Для зняття фасок в циліндричних отворах або утворення похилих циліндричних площин під головки гвинтів використовують:

- А) Спиральний зенкер;
Б) Циліндричний зенкер з прямою фаскою;
В) Конічну зенківку; Г) Розвертку; Д) Центрувальне свердло.

8.7. Для обробки наскрізних циліндричних отворів використовують:

- А) Спиральний зенкер;
Б) Циліндричний зенкер з прямою фаскою;
В) Конічну зенківку; Г) Розвертку; Д) Центрувальне свердло.

8.8. Зовнішню різьбу нарізають за допомогою:

- А) Мітчика; Б) Плашки; В) Розвертки; Г) Зенкера; Д) Зенківки.

8.9. Внутрішню різьбу нарізають за допомогою:

- А) Мітчика; Б) Плашки; В) Розвертки; Г) Зенкера; Д) Зенківки.

8.10. Частина спірального свердла, яка призначена для закріплення у шпинделі верстата:

- А) Шийка; В) Лапка;
Б) Хвостовик; Г) Тримач;
Д) Напрямна частина.

Розділ 9. Галтування

9.1. Галтування поділяється на:

- А) Шліфування та полірування;
- Б) Сухе та вологе;
- В) В машинах та на агрегатах;
- Г) Шліфування та глянцювання.

9.2. Історично найпершими галтувальними машинами є:

- А) Вібраційні;
- Б) Шпиндельні;
- В) Обертові барабани;
- Г) Планетарні;
- Д) Щіткові.

9.3. До галтування відноситься (Декілька правильних відповідей):

- А) Шліфування;
- Б) Полірування;
- В) Фрезерування;
- Г) Шаржування;
- Д) Відділення деталей від ливників;
- Є) Заокруглення гострих країв;
- Ж) Очищенні від продуктів корозії;
- З) Обробка дрібних деталей абразивом у вигляді вільних гранул.

9.4. Скільки відсотків від загального технологічного часу, зазвичай, займають оздоблювально-зачищувальні операції?

- А) 90%;
- Б) 50%;
- В) 80%;
- Г) 10%;
- Д) 60%.

9.5. Вологе галтування використовується для:

- А) Обробки полімерних деталей;
- Б) Обробки металевих деталей;
- В) Обробки обох типів деталей.

9.6. При обробці полімерних деталей використовують абразивні компоненти, що виготовлені з такого матеріалу:

- А) Металу;
- Б) Кераміки;
- В) Гуми;
- Г) Пластику;
- Д) Деревини.

9.7. Розташувати в порядку зростання від частин деталей, які практично зовсім не піддаються обробці до частин деталей, які зазнають найбільшої обробки під час виконання галтувальних технологічних операцій:

- А) 5. Виступи та гострі краї;
- Б) 3. Впадини;
- В) 4. Рівні площини;
- Г) 1. Отвори малого діаметру;
- Д) 2. Проточки.

9.8. Фінішні галтувальні операції проводяться упродовж:

- А) 1-2 год;
- Б) Приблизно 100 год;
- В) 4 – 30 год;
- Г) Кожного разу по-іншому.

9.9. Найперспективнішим галтувальним обладнанням на сьогоднішній день є:

- А) Обертові барабани;
- Б) Машини зі складним просторовим рухом робочих ємкостей;
- В) Вібраційні машини;
- Г) Роторні машини;
- Д) Дробометні машини;
- Є) Щіткові машини.

9.10. На скільки типів поділяється галтувальне обладнання?

- А) 12;
- Б) 5;
- В) 10;
- Г) 20;
- Д) 9.

Список літератури

1. ДСТУ 2409-94 Вимірювання параметрів шорсткості. Терміни та визначення. [Чинний від 1995-01-01] – К.: Держстандарт України, 1994. – 25 с;
2. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Терміни та визначення. [Чинний від 1995-01-01] – К.: Держстандарт України, 1994. – 37 с;
3. ДСТУ ISO 12085-2001 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Параметри структурних елементів (ISO 12085:1996, IDT) [Чинний від 2003-01-01] – 20 с;
4. ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. (ISO 1302-78) Обозначение шероховатости поверхностей. [Чинний в Україні] – 10 с;
5. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. Издание официальное. М.: Издательство стандартов, 1975. [Чинний в Україні] – 12 с;
6. ДСТУ ISO 3274-2002 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Номінальні характеристики контактних (щупових) приладів (ISO 3274:1996, IDT) [Чинний від 2003-01-01] – 16 с;
7. Молодик М.В., Зенкін М.А. Ремонт промислового обладнання: Підручник. - К. Техніка, 2000. – 256 с;
8. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / М.А.Сологуб, І.О.Рожнецький, О.І.Некоз та ін.; За ред. М.А.Сологуба. - 2-ге вид., перероб. і допов. - К.:Вища шк., 2002. – 374 с;
9. Галтування [електронний ресурс] // Вікіпедія. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Галтування> (дата звернення: 20.02.2020 р.). – Назва з екрану;
10. Кремень З.И., Юрьев В.Г., Бабошкин А.Ф. Технология шлифования в машиностроении - Санкт-Петербург: Политехника, 2007. – 425 с;
11. Справочник технолога-машиностроителя. – в 2-х т./ Под ред. АТ.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – т.1. – 656 с;
12. Справочник технолога. Обработка металлов резанием I ред. Г.А.Монахова. М.: Машиностроение, 1974. – 598 с;
13. Пуш В.С., Беляев В.Г., Горюшин А.А. Металлорежущие станки / Под ред. В.С. Пуша. - М.: Машиностроение, 1986. – 256 с;
14. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Мн.: Высшая школа, 1983. – 256 с;

15. Чумак М.Г. Матеріали та технологія машинобудування: Підручник. – К.: Либідь, 2000. – 368 с;
16. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: [справочник] / В.И. Баранчиков, А.В. Жариков, Н.Д. Юдина — М.: Машиностроение, 1990. – 400 с;
17. Кочергин, А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: [учебное пособие для вузов] / А. И. Кочергин — Минск: Высш. школа, 1991. – 382 с;
18. Лакирев С.Г. Обработка отверстий: [справочник] / С.Г. Лакирев — М.: Машиностроение, 2004. – 208 с;
19. Стискін Г.М. Інструменти для механічної обробки матеріалів / Г.М. Стискін, М.П. Ревнівцев, М.М. Берізко, В.А. Мелещик — Л.: Оріяна-Нова, 2002. – 240 с;
20. Стискін Г.М. Технологічні основи програмування обробки деталей на верстатах з числовим програмним керуванням / Г.М. Стискін, М.П. Ревнівцев, М.М. Берізко, В.Д. Гасвський, — Л.: Оріяна-Нова, 2002. – 208 с;
21. Панасюк І.В. Особливості оздоблювально-зачищувальної обробки деталей легкої промисловості технологічним середовищем / І.В.Панасюк, О.П. Бурмістенков, М.Г. Залюбовський // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки — 2013. – №3. – С. 190-194;
22. Шварц А.И. Механизация и автоматизация производства формовых РТИ: Учебное пособие для рабочего образования. М.: Химия, 1987. – 176 с;
23. Бурмістенков О.П. Виробництво литих деталей та виробів з полімерних матеріалів у взуттєвій та шкіргалантерейній промисловості : монографія / О. П. Бурмістенков, Б. М. Злотенко, В. П. Коновал, І. В. Панасюк, М. Є. Скиба, О. М. Синюк. - Хмельниц., 2007. – 255 с;
24. Манин В.Н, Громов А.Н. Физико-химическая стойкость полимерных материалов в условиях эксплуатации. Л.: Химия, 1980. – 248 с;
25. Несмелов С.В. Полировка Металлов пастами ГОИ // Оптико-механическая промышленность. - 1939. Т.9. - №3. – С. 11 – 13;
26. Зенков П.Л. Механика насыпных грузов. - М.: Машиностроение, 1964. – 231 с;

27. Гирщик Р.Л. Оборудование для удаления облоя с формовых резино-технических изделий / Р.Л. Гирщик, И.А. Натансон. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1975. – 75 с;
28. Копин В.А., Макаров В.Л., Ростовцев А.М. Обработка изделий из пластмасс. - М.: Химия, 1988. – 176 с;
29. Подураев В.Н. Технология физико-химических методов обработки. - М.: Машиностроение, 1985. – 264 с;
30. Манин В.Н., Громов А.Н. Физико-химическая стойкость полимерных материалов в условиях эксплуатации. - Л.: Химия, 1980. – 248 с;
31. Разработка оборудования для транспортирования и смешивания порошкообразных материалов / А.Г. Червоненко, И.А. Шуляк, Ю.В. Заболотный [и др.] // Порошковая металлургия. – 1982. – № 11. – С. 96 – 100;
32. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М., 1973. – 215 с;
33. Авторское свидетельство СССР №837800, кл. В 24 В 31/02, 1979;
34. Коротин А.И. Технология нанесения гальванических покрытий: Учеб. пособие для сред. проф.-техн. училищ. - М.: Высш. шк., 1984. – 200 с;
35. Валуйский, В.Я. Продвижение сыпучих продуктов через наклонный барабан / В.Я. Валуйский // Известия вузов. Сер. Пищевая технология. – 1965. – № 1. – С. 139 – 142;
36. Пат. України 6219, МПК В 24 В 31/02. Устрій для галтовки виробів /Турік Ю.О., заявник та патентовласник Турік Ю.О. - № 2950551/25-08; заяв. 02.07.1980, опуб. 29.12.1994, бюл. № 8-І/1994;
37. Пат. України 38253, МПК В24В 31/033. Спосіб об'ємної обробки поверхні деталі / Буря О.І., Фасатуров С.С., Кобець А.С., Деркач О. Д., заявник та патентовласник Дніпропетровський державний аграрний університет - № 2000063429; заяв. 12.06.2000, опуб. 15.05.2001, бюл. № 4/2001;
38. Пат. України 96362, МПК В24В 31/108, В24В 31/033, В24В 31/02. Пристрій для поверхневої обробки деталей / Кіпчарський С.В., Кіпчарський В.П., Анділахай О.О., заявник та патентовласник Приазовський державний технічний університет - № а201004444; заяв. 16.04.2010, опуб. 25.10.2011, бюл. № 20/2011;
39. Пат. України 42393, МПК В24В 31/02. Пристрій для об'ємної ротаційної обробки деталей / Мелконов Г.Л., заявник та

- патентовласник Мелконов Г.Л. – № u200809794; заяв. 28.07.2008, опуб. 10.07.2009, бюл. № 13/2009;
40. Пат. України 30405, МПК В24В 31/067. Пристрій для вібраційної обробки деталей / Ярошевич М.П., Ярошевич Т.С., Товстушко М.М., заявник та патентовласник Луцький державний технічний університет - № u200712138; заяв. 02.11.2007, опуб. 25.02.2008, бюл. № 4/2008;
 41. Шумакова Т. А. Инструмент для виброабразивной обработки деталей : монография / Т. А. Шумакова, В. И. Шаповалов, Ю. И. Гутько; Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля. - Луганск : Ноулидж, 2011. – 59 с;
 42. Кореняко А.С. и др. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. - К.: "Вища школа", 1970. – 332 с;
 43. Пат. України 38804, МПК В24В 31/067. Вібраційна машина / Силивонюк А.В., Нахасєв П.П., Тимошук В.М., заявник та патентовласник Луцький державний технічний університет - № u200805362; заяв. 24.04.2008, опуб. 26.01.2009, бюл. № 2/2009;
 44. Пат. України 8831, МПК В24В 31/06. Спосіб вібраційної обробки деталей / Оніщенко О.О., Баскаков Г.Г., Саповець В.М., заявник та патентовласник Науково – виробниче об'єднання «Хімістекстильмаш» - № 4135344/SU; заяв. 17.10.1986, опуб. 30.09.1996, бюл. № 3/1996;
 45. Пат. України 45115А, МПК В24В 31/06. Пристрій для віброабразивної обробки / Сухаревська О.М., Лубенська Л.М., заявник та патентовласник Східноукраїнський національний університет - № 2001053434; заяв. 22.05.2001, опуб. 15.03.2002, бюл. № 3/2002;
 46. Шушпанков А.Б., Иванец Г.Е. Смесительные агрегаты вибрационного типа для дисперсных материалов. // Кемерово: Кемеровский технологический ин-тут пищевой промышленности, 2008 – 152 с;
 47. Шушпанков А.Б., Иванец Г.Е. Смесительные агрегаты вибрационного типа для сыпучих комбинированных продуктов. // Достижения науки и техники АПК №6, 2009 – С. 60-62;
 48. Пат. України 25812, МПК В24В 31/02. Планетарна установка безперервної дії / Сілін Р.І., Гордєєв А.І., Гордєєв О.А., Урбанюк Є.А., Третько В.В., заявник та патентовласник Хмельницький національний університет – № u200703372; заяв. 28.03.2007, опуб. 27.08.2007, бюл. № 13/2007;

49. Розробка автоматизованого відцентрового змішувача безперервної дії з додатковою зоною змішування для сипких матеріалів легкої промисловості. Автор. дис. на здобуття вченого ступеня к-та техн. наук: 05.05.10 - машини легкої промисловості Стаценко В.В. / Київський національний університет технологій та дизайну. – К., 2007. – 21 с;
50. Пат. України 34562, МПК В29В 7/00. Роторний змішувач / Мікульонок І.О., Вознюк В.Т., заявник та патентовласник Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» - № u200804640; заяв. 10.04.2008, опуб. 11.08.2008, бюл. № 15/2008;
51. Пат. України 34962, МПК В29В 7/02. Роторний змішувач для полімерних композицій / Мікульонок І.О., Вознюк В.Т., заявник та патентовласник Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» - №u200804651; заяв. 10.04.2008, опуб. 26.08.2008, бюл. № 16/2008;
52. Пат. України 50252, МПК В29В 7/38. Змішувач для переробки полімерних матеріалів / Сівецький В.І., Сідоров Д.Е., Васильчик Н.В., заявник та патентовласник Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» - № 2001128365; заяв. 05.12.2001, опуб. 15.10.2002, бюл. № 10/2002;
53. Оборудование для переработки пластмасс / Сборник под редакцией В.К. Завгороднего. М.: Машиностроение, 1976. – 406 с;
54. Пат. України 72282, МПК В24В 31/06. Пристрій для вібраційної шпіндельно-планетарної обробки деталей / Берник П.С., Писаренко В.Г., Ярошенко Л.В., Боковий Є.Ф., Пазюк В.М., заявник та патентовласник Ярошенко Л.В. - № 2002054019; заяв. 16.05.2002, опуб. 15.02.2005, бюл. № 2/2005;
55. Пат. України 76113, МПК В24В 31/06. Спосіб для віброшпіндельної обробки деталей / Берник П.С., Ярошенко Л.В., Голуб Ю.М., Писаренко В.Г., Боковий Є.Ф., заявник та патентовласник Берник П.С., Ярошенко Л.В., Голуб Ю.М., Писаренко В.Г., Боковий Є.Ф. - № 2003020895, заяв. 03.02.2003, опуб. 17.07.2006, бюл. № 7/2006;
56. Патент №89571, МПК В01F 11/00. Машина для обробки деталей / Панасюк І.В., Залюбовський М.Г., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну – №u201313728; заяв. 26.11.2013, опуб. 25.04.2014, бюл. № 8;

57. Патент №92544, МПК В01F 11/00. Машина для обработки деталей / Панасюк І.В., Залюбовський М.Г., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну – №u201401841; заяв. 25.02.2014, опуб. 26.08.2014, бюл. № 16;
58. Патент №108488, МПК В01F 11/00. Машина для обработки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну – №u201511872; заяв. 01.12.2015, опуб. 25.07.2016, бюл. № 14;
59. Патент №108645, МПК В01F 11/00, В24В 31/00. Машина для обработки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну – №u201600830; заяв. 02.02.2016, опуб. 25.07.2016, бюл. № 14;
60. Патент №109083, МПК В01F 11/00, В24В 31/00. Машина для обработки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну – №u201601467; заяв. 18.02.2016, опуб. 10.08.2016, бюл. № 15;
61. Патент №110417, МПК В01F 11/00. Машина для обработки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну – №u201603277; заяв. 30.03.2016, опуб. 10.10.2016, бюл. № 19;
62. Патент №126647, МПК В01F 11/00 (2018.01). Машина для обработки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну – №u201801469; заяв. 15.02.2018, опуб. 25.06.2018, бюл. № 12;
63. Патент №127438, МПК В24В 31/00 (2018.01). Машина для обработки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну – №u201803397; заяв. 30.03.2018, опуб. 25.07.2018, бюл. № 14;
64. Turbula mixer: сайт Willy A. Bachofen AG, Maschinenfabrik. – 2015 [Електронний ресурс]. URL: <http://www.tomasovalea.cz/en/firmy/wab.htm> (дата відвідування: 18.02.2020);
65. I. Bauman. Mixing of solids in different mixing devices. / I. Bauman, D.Curi'c and M.Boban. // *S_adhan_a* Vol. 33, Part 6, December 2008, pp. 721–731;

66. Обухов А.М. Турбулентность и динамика атмосферы. "Гидрометеоиздат", 1988. – 414 с;
67. Наукові основи проектування технологічних процесів обробки деталей взуття та фурнітури. Автор. дис. на здобуття вченого ступеня д-ра техн. наук: 05.19.06 - технологія взуттєвих і шкіряних виробів Панасюк І.В. / Київський національний університет технологій та дизайну. – К., 2004. – 32 с;
68. Коротич В.И. Анализ движения сыпучего материала во вращающемся цилиндрическом барабане / В.И. Коротич // Горный журн., 1964. – № 12. – С. 134 – 141;
69. Коротич В.И. Движение сыпучего материала во вращающемся барабане / В.И. Коротич // Сталь. - 1962. - №8. – С. 680-686;
70. Бурмістенков О.П. Основи теорії та практична реалізація пристроїв для зачищувальної обробки формових деталей із полімерних матеріалів: Монографія / О.П. Бурмістенков, І.В. Панасюк. - К.: НМК ВО, 1993. – 64 с;
71. Бурмистенков А.П. Исследование динамики частицы сыпучей среды в емкости со сложным вращением / А.П. Бурмистенков, И.В. Панасюк // Изв. вузов. Технол. легкой пром-сти. - 1989. - №1. – С. 108 - 112;
72. Сланевский А.В. Кинематическая и динамическая характеристики сыпучей среды во вращающихся печах и мельницах. - СПб., 1996. - 31 с. - Деп в ВИНТИ 22.08.96, №2712-В96;
73. Marciniak Mieczyslaw. Analis dynamiki Wyladzarek rotacyjnych I jaj zastosowanie do wubory optymalnych parametrow obrobki // Archiwum budowy maszyn. - 1971. - T. 18, soszyt 1. – S. 195 - 213;
74. Панасюк І.В. Визначення залежності режиму руху робочого середовища у ємкості зі складним рухом від кутової швидкості ведучого валу / І.В.Панасюк, М.Г.Залюбовський // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2015. – №1. – С. 43-52;
75. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / Першин В.Ф., Однолько В.Г., Першина С.В. // Монография – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с;
76. Панасюк І.В. Визначення залежності режиму руху робочого середовища у ємкості зі складним рухом від кутової швидкості ведучого валу / І.В.Панасюк, М.Г.Залюбовський // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2015. – №1. – С. 43-52;

77. Панасюк І.В. Експериментальне дослідження руху частинки сипкого середовища у робочій ємкості, що здійснює складний рух / І.В. Панасюк, М.Г. Залюбовський // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2014. – №6. – С. 35-42;
78. M. Marigo. Discrete Element Method Modelling of Complex Granular Motion in Mixing Vessels: Evaluation and Validation: dissertation EngD / M. Marigo. - The University of Birmingham, UK., 2012;
79. M. Marigo, D. L. Cairns, M. Davies, A. Ingram, E. H. Stitt. A numerical comparison of mixing efficiencies of solids in a cylindrical vessel subject to a range of motions, Powder Technology, Powder Technology 217 (2012), pp. 540-547.

Навчальне видання

Залюбовський Марк Геннадійович
Малишев Віктор Володимирович

Машини та обладнання підприємств

Навчальний посібник

Дизайн обкладинки Бабинець Надія

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 6,98

Наклад 100 прим. Зам. № 2805-20

Виконавець і виготовлювач Університет «Україна»
03115, м. Київ, вул. Львівська, 23, тел./ф (044) 424-40-69, 424-56-26
E-mail: ukraina.vdk@email.ua
Свідectво суб'єкта видавничої справи ДК №405 від 06.04.01.2001



ЗАЛЮБОВСЬКИЙ Марк Геннадійович

Кандидат технічних наук, доцент
кафедри автомобільного транспорту.

Університет "Україна"

Автор понад 90 наукових праць



МАЛИШЕВ Віктор Володимирович

Доктор технічних наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України,
директор інженерно-технологічного інституту.

Університет "Україна"

Автор понад 900 наукових праць