

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний технічний університет

В. М. Самохвал

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

КОНСТРУКЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ У ПРОЦЕСАХ ОМТ.

Частина 2. Конструкційні матеріали, передачі та вузли механічного обладнання процесів ОМТ

для студентів спеціальності 136 - Металургія
спеціалізації 136.3 - "Обробка металів тиском"

Затверджено
Редакційно-видавничою секцією
науково-методичної ради ДДТУ
_____, протокол № ____

Кам'янське
2017

**Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу
Дніпродзержинського державного технічного університету
заборонено.**

Конспект лекцій з дисципліни "Конструкції технологічних агрегатів у процесах ОМТ. Частина 2. Конструкційні матеріали, передачі та вузли механічного обладнання процесів ОМТ» для студентів спеціальності 136 - Металургія, спеціалізації 136.3 - "Обробка металів тиском" / Укладач В. М. Самохвал - Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2017. - 75 с.

Укладач: канд. техн. наук, доцент Самохвал В. М.

Відповідний за випуск: завідуючий кафедрою ОМТ,
д. т. н., проф. Максименко О. П.

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент каф. МЧМ Г. Ю. Крячко

Конспект лекцій містить теоретичний матеріал з дисципліни "Конструкції технологічних агрегатів у процесах ОМТ: Методи розрахунків та способи виготовлення обладнання"

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ТЕМА 10. КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ	5
ТЕМА 11. РОЗ'ЄМНІ З'ЄДНАННЯ	11
ТЕМА 12. МЕХАНІЧНІ ПЕРЕДАЧІ	14
ТЕМА 13. ВАЛИ, ОСІ ТА ЇХ ОПОРИ	17
ТЕМА 14. РЕДУКТОРИ	24
ТЕМА 15. ГІДРОПРИВОДИ	30
ТЕМА 16. МЕТАЛООБРОБНІ ВЕРСТАТИ ТА МЕХАНІКА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ МЕТАЛУ	34
ТЕМА 17. ОСОБЛИВОСТІ ОКРЕМИХ ВИДІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	49
ТЕМА 18. ОБРОБКА АБРАЗИВНИМ ІНСТРУМЕНТОМ	59
ТЕМА 19. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ У ВЕРСТАТОБУДУВАННІ	61
ТЕМА 20. СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ВАЛКІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ	63
ТЕМА 21. СПОСОБИ ЗВАРЮВАННЯ ТА НАПЛАВЛЕННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ОБЛАДНАННЯ	67
ПЕРЕЛІ ПОСИЛАНЬ	74

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Конструкції технологічних агрегатів у процесах ОМТ: Методи розрахунків та способи виготовлення обладнання» відноситься до циклу вибіркових дисциплін професійно-практичної підготовки (шифр за планом ППП 2.3.2.7) бакалаврів напрямку 6.050401 - Металургія. Згідно навчального плану ця дисципліна призначена для студентів, які обирають підготовку за спеціальністю «Обробка металів тиском».

Дисципліна викладається у 3 та 4 семестрах. Даний розділ конспекту містить теоретичний матеріал, який, згідно робочої програми, передбачено до викладання у четвертому семестрі. Матеріал включає відомості про основні складові механічного обладнання загального призначення, основні види механічної обробки та особливості їх застосування для виготовлення обладнання процесів ОМТ.

ТЕМА 10. КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

До конструктивних матеріалів відносять всі матеріали придатні для виготовлення елементів конструкцій машин, механізмів, споруд. В сучасних умовах основними конструктивними матеріалами є сталь, бетон, алюміній, титан, полімерні матеріали. Крім цих матеріалів, у досить великих обсягах виготовляють мідь, магній, цинк, нікель.

За обсягами виробництва найпоширенішим конструкційним матеріалом залишається сталь.

Визначення сталі за ДСТУ EN 10020-2002:

Матеріал, масова частка заліза в якому перевищує масову частку будь-якого іншого окремого елемента, який містить вуглецю в цілому менше ніж 2%, а також інші елементи. Деякі хромисті сталі можуть містити більше ніж 2% вуглецю, але 2% - це межа між сталлю та чавуном.

Сталі класифікують (розділяють) за такими ознаками: **хімічний склад; за якістю; за показниками механічних властивостей; за призначенням; за технологічними показниками; фізичні та хімічні властивості - експлуатаційні показники.**

Згідно з діючим національним стандартом ДСТУ EN 10020-2002, який ідентичний EN 10020/AC:1991, використовується класифікація сталей за **хімічним складом** та за **класами якості**.

За **хімічним складом** сталі класифікують як **нелеговані** та **леговані**. Класифікація базується на плавковому аналізі згідно зі стандартом або технічними умовами та визначається за мінімальними значеннями, встановленими для кожного елемента.

Сталь вважають нелегваною, якщо вміст окремих хімічних елементів в жодному разі не досягає граничних значень, наведених у таблиці 10.1. У випадках, коли для наведених елементів, крім марганцю, максимальне значення встановлено тільки для плавильного аналізу, для класифікації слід брати 70% цього максимального значення. Якщо для марганцю вказана гранична кількість 1,80%, правило 70% не використовують, тобто сталь з вмістом марганцю менше 1,80% вважається нелегваною.

Сталь вважають легваною, якщо вміст окремих елементів хоча б в одному випадку досягає або перевищує граничні значення, вказані в таблиці 10.1.

За **класами якості** сталі розділяють на **базові, якісні, спеціальні**.

Таблиця 10.1 – Граничні значення вмісту елементів для класифікації на нелеговану та леговану сталь

Елементи	Граничне значення (масова частка, %)
Al алюміній	0,10
B бор	0,0008
Bi вісмут	0,10
Co кобальт	0,10
Cr хром ¹⁾	0,30
Cu мідь ¹⁾	0,40
La лантаноїди (кожен)	0,05
Mn марганець	1,65 ³⁾
Mo молібден ¹⁾	0,08
Nb ніобій	0,06
Ni нікель	0,30
Pb свинець	0,40
Se селен	0,10
Si кремній	0,50
Te телур	0,10
Ti титан ²⁾	0,05
V ванадій ²⁾	0,10
W вольфрам	0,10
Zr цирконій ²⁾	0,05
Інші (крім вуглецю, фосфору, сірки, азоту)	0,05

Примітки: 1) У випадку, коли кількість легуючих домішок складається з двох, трьох або чотирьох елементів, а вміст менший ніж наведений у таблиці, гранична кількість, що її використовують для класифікації, становить 70% від суми граничних значень трьох або чотирьох елементів.

2) Правило у виносці 1) відносять до даної групи елементів.

3) Якщо для марганцю вказана гранична кількість 1,80%, правило 70% у цьому випадку не використовують.

Нелеговані базові сталі являють собою групи сталі з вимогами до якості, виконання яких не потребує спеціальних процесів під час виготовлення. Такі сталі задовольняють таким чотирьом умовам:

- не потрібно термічне оброблення;
- властивості встановлені стандартами або технічними умовами на продукцію, отримано в стані після прокатування або нормалізації та відповідають зазначеним у таблиці 10.2;
- інші вимоги до якості (наприклад, придатність для холодного штампування, волочіння, холодного висаджування) не встановлено;
- вміст інших легуючих елементів, крім марганцю та кремнію, не нормують.

Таблиця 10.2 – Граничні значення нормованих властивостей базової сталі

Нормовані характеристики	Товщина, мм	Випробування за ЕУ	Граничне значення
Мінімальний тимчасовий опір, R_m	≤ 16	2 або 11	$\leq 690 \text{ Н/мм}^2$
Мінімальна границя текучості, R_e	≤ 16	2 або 11	$\leq 360 \text{ Н/мм}^2$
Мінімальне видовження, %	≤ 16	2 або 11	$\leq 26 \%$
Мінімальний діаметр оправки для випробувань на згин	≤ 3	6	$\geq 1e^2$
Мінімальне значення ударної в'язкості за температури $+20^\circ\text{C}$ для зразка ISO з V-подібним надрізом	$\geq 10 \leq 16$	45	$\leq 27 \text{ Дж}$
Максимальний вміст вуглецю			$\geq 0,10\%$
Максимальний вміст фосфору			$\geq 0,045\%$
Максимальний вміст сірки			$\geq 0,045\%$

Нелеговані якісні сталі - це сталі, до яких в цілому не ставлять особливих вимог щодо термооброблення або чистоти за неметалевими включеннями. Згідно з умовами використання до таких сталей ставлять жорсткіші вимоги (наприклад по ударній в'язкості, розмірів зерна, реформованості) ніж до базової сталі.

Нелеговані спеціальні сталі мають вищий ступінь чистоти за неметалевими включеннями, ніж якісна сталь. У більшості випадків вони призначені для загартовування та відпускання або поверхневого загартовування та характеризуються сумісністю з термічним обробленням. Покращення властивостей досягають за допомогою точного контролювання хімічного складу та особливою увагою до дотримання технологічного процесу. Такі сталі відповідають одній або декільком із наступних вимог:

- нормування ударної в'язкості в загартованому або відпущеному стані;
- нормування твердості на глибину або поверхневої твердості після загартовування та відпускання або зміцнення поверхні;
- низьких нормованих вміст неметалевих домішок;
- нормування максимального вмісту фосфору та сірки:
 - за плавковим аналізом $\leq 0,020\%$;
 - за аналізом продукції $\leq 0,025\%$ (наприклад круглий прокат для високоміцних пружин, метало корду та ін.);
- нормування ударної в'язкості більше ніж 27 Дж за температури -50°C , отриманої на повздовжньому зразку ISO з V-подібним надрізом;
- сталь для ядерних реакторів з подальшим обмеженням вмісту елементів у готовій продукції: мідь $\leq 0,10\%$, кобальт $\leq 0,05\%$, ванадій $\leq 0,05\%$;
- нормування електропровідності $> 9 \text{ Ом}\cdot\text{м/мм}^2$;
- це повинна бути дисперсійнотузавка (дисперсійно твердіюча, що зміцнюється, наприклад шляхом контрольованого охолодження з температури гарячого деформування) сталь з мінімальним вмістом вуглецю 0,25% та більше за ковшовою пробою та з феритно-перлітною мікроструктурою, яка містить один або декілька таких легуючих елементів, як ніобій або ванадій, вміст яких менший граничних значень для легованих сталей;
- попередньо напружені сталі.

Для легованих сталей виділяють **якісні та спеціальні сталі**.

Леговану якісну сталь використовують там само, де і нелеговану, але задані властивості потребують додавання легуючих елементів у кількості, яка перевищує граничні значення, наведені в таблиці 1. Леговані якісні сталі не призначені для загартовування та відпускання або поверхневого зміцнення. Такі сталі відповідають вимогам:

- a) мінімальна встановлена границя текучості $< 380 \text{ Н/мм}^2$ за товщини $\leq 16 \text{ мм}$;
- b) вміст легуючих елементів, визначений згідно таблиці 1, менший ніж граничні значення, наведені в таблиці 3, з урахуванням деяких комбінацій легувальних елементів;
- c) нормована ударна в'язкість $\leq 27 \text{ Дж}$ за температури -50°C для зразка ISO з V-подібним надрізом.

До цієї групи також відносять такі сталі:

- ❑ електротехнічні, які містять тільки кремній або кремній та алюміній, та відповідають вимогам за магнітними втратами, за мінімальними значеннями магнітної індукції, поляризації або проникненістю;
- ❑ леговані сталі для рейок, шпунтових паль та шахтних конструкцій;
- ❑ леговані сталі для гаряче- або холоднокатаних плоских виробів, які використовують для холодного штампування, що містять елементи, які роблять зерно дрібним (тобто такі як бор, ніобій, титан, ванадій та/або цирконій, або "двофазні сталі");
- ❑ леговані сталі з обов'язковим легуванням міддю.

Легована спеціальна сталь характеризується точністю контролювання хімічного складу, особливими умовами виготовлення та процедурою контролювання, щоб забезпечити отримання заданих властивостей, часто в поєднанні, у суворо встановлених границях. До цього класу відносять :

неіржавкі сталі;
термостійкі та стійкі до повзучості сталі;
підшипникові або інструментальні сталі;
машинобудівні сталі;
спеціальні конструкційні;
сталі з особливими фізичними властивостями.

Наприклад, неіржавкі сталі містять $\leq 1,20\%$ вуглецю, $\geq 10,5\%$ хрому та розділяються за вмістом нікелю: а) $< 2,5\%$; б) $\geq 2,5\%$. Швидкорізальні сталі містять такі елементи як молібден, вольфрам або ванадій із загальним вмістом (за масовою часткою) не менше ніж 7% та не менше $0,6\%$ вуглецю, та від 3 до 6% хрому.

Таблиця 3 – Зварювана дрібнозерниста легована сталь. Граничні значення для розподілу на якісну та спеціальну сталь за хімічним складом

Елементи	Граничні значення (масова частка, %)
Cr хром	0,50
Cu мідь	0,50
La лантаноїди	0,06
Mn марганець	1,80
Mo молібден	0,10
Nb ніобій	0,08
Ni нікель	0,50
Ti титан	0,12
V ванадій	0,12
Zr цирконій	0,12
Інші елементи	згідно таблиці 1

Показники механічних властивостей значною мірою визначають технологію виготовлення, подальшої обробки та застосування сталей. До таких показників відносять: **міцність, пластичність, в'язкість, твердість.**

Основні показники міцності та пластичності визначають з випробувань на розрив (статичне навантаження). В результаті таких випробувань визначають:

- границю пропорційності $\sigma_{пц}$ - максимальне напруження, до якого зберігається лінійна залежність між деформацією та напруженням;
- границю текучості σ_T - напруження, по досягненню яких зразок деформується без збільшення сили розтягування ;
- границя міцності σ_B - напруження, яке відповідає максимальній силі, за якою починається руйнування зразку ;
- відносне видовження $\delta = \frac{\Delta l_{зал}}{l_0} \cdot 100$, % - максимальна відносна деформація до руйнування зразка;
- відносне зменшення площі перерізу $\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \cdot 100$, %.

Отже **міцність** сталі характеризує показник σ_B , а всі інші – **пластичність**.

Ударна в'язкість металу характеризує здатність матеріалу поглинати механічну енергію в процесі деформації і руйнування під дією ударного навантаження. Як правило, оцінюється роботою, яка витрачається на руйнування надрізаного зразка при ударному згинанні, віднесеною до площі його перерізу в місці надрізу. Вимірюється в Дж/см². На даний час найпоширенішими методами визначення ударної в'язкості є метод Шарпі і метод Ізода.

Твердість – здатність матеріалу опиратись деформуванню та руйнуванню під дією місцевих (локальних) контактних навантажень. Для визначення твердості металів застосовують методи випробувань:

- **Бринеля** - твердість визначається за діаметром відбитка, який залишає металева кулька, що втискується у поверхню. Твердість обчислюється як відношення зусилля, прикладеного до кульки, до площі відбитка (причому площа відбитка береться як площа частини сфери, а не як площа кола); одиницею твердості служить кгс/мм². Твердість, визначена за цим методом, позначається **НВ**, де Н = hardness (твердість, анг.), В — найменування шкали;
- **Роквелла** - твердість визначається за глибиною відбитка металевої кульки чи алмазного конуса у поверхні тестованого матеріалу. Твердість, визначена за цим методом, є безрозмірною і позначається HR, HRB, HRC і HRA; твердість обчислюється за такою формулою $HR = 100 - kd$, де d — глибина втиснення наконечника після зняття основного навантаження, а k — коефіцієнт. Отже, нескінченній твердості відповідає HR 100;
- **Віккерса** - твердість визначається за величиною відбитка, залишеного чотирикутною алмазною пірамідкою, яка втискується у поверхню. Твердість обчислюється як відношення зусилля, докладеного до пірамідки, до площі відбитка (причому площа відбитка береться як площа частини поверхні піраміди, а не як площа квадрата); одиницею твердості служить кгс/мм². Твердість, визначена за цим методом, позначається HV;
- **Шора** - метод визначення твердості твердих (високомодульних) матеріалів, переважно металів, за висотою відскоку стандартного бійка (основна частина *склероскопа* — вимірювального приладу для даного методу), що падає з певної висоти. Твердість за цим методом оцінюється в умовних одиницях, що пропорційна висоті відскоку. Основні шкали — С і D. Твердість позначається, відповідно, HSC та HSD (наприклад, 85HSD).

Класифікація сталей за призначенням є досить умовною тому що саме призначення (умови використання) визначають певні фізичні та механічні властивості, які, у свою чергу, забезпечуються відповідним хімічним складом та технологією виготовлення. Найпоширеніші групи сталей за призначенням: конструкційні; інструментальні; для котлобудування (ємностей, що працюють під тиском); підшипникові; неіржавіючі жаростійкі; неіржавіючі жароміцні; прецизійні (сплави з заданими фізичними властивостями).

До технологічних показників властивостей сталі відносять: оброблюваність (різанням, зокрема точінням, пластичним деформуванням); зварюваність (здатність утворювати зварні з'єднання).

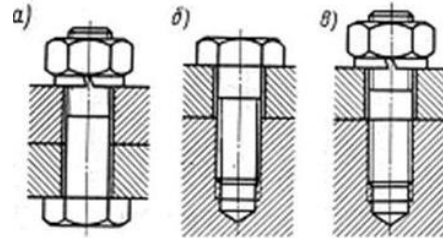
До експлуатаційних показників відносять: зносостійкість; корозійну стійкість; втомлюваність (стійкість до циклічних навантажень).

ТЕМА 11. РОЗ'ЄМНІ З'ЄДНАННЯ

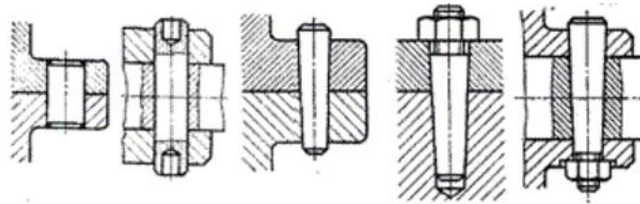
Різноманітні конструкції та механізми утворюються за рахунок взаємодії складових частин, за допомогою роз'ємних та нероз'ємних з'єднань.

До роз'ємних з'єднань відносять:

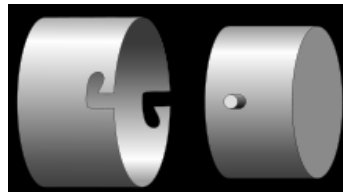
- різьбове



- штифтове



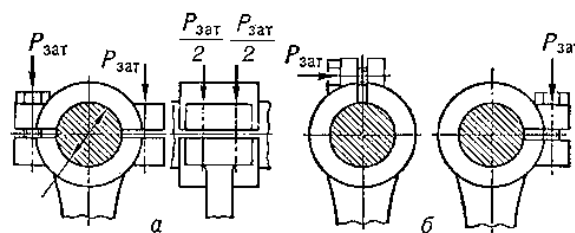
- байонетне



- шпонкове;

- шліцеве;

- клекове



- конусне

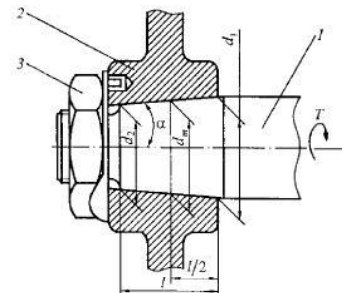
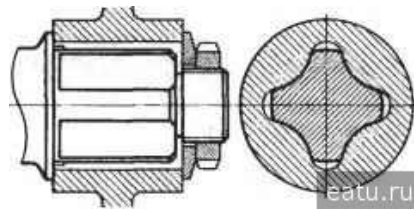
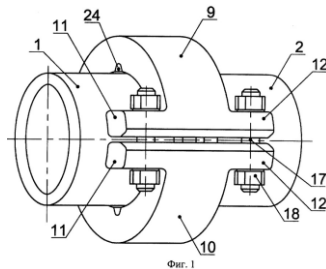


Рис. 7.1. Конусное соединение

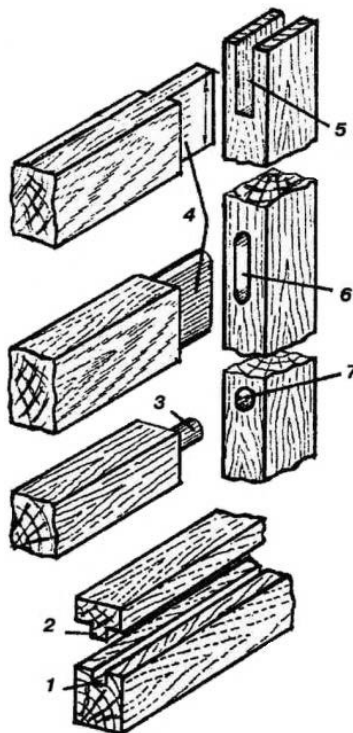
- профільне



- бугільне



- шип-провушина:



Найбільш розповсюдженим є різьбове з'єднання. Відрізняють болтове, гвинтове та шпилькове різьбові з'єднання.

Для болтів і гайок використовується метрична різьба. Метрична різьблення характеризується кутом профілю $\alpha = 60^\circ$, теоретичної висотою профілю $H = 0,86602p$, робочої висотою $H_1 = 0,54126p$. вершини різьблення зрізані по внутрішньому діаметру гайки і по зовнішньому діаметру стержня болта. На метричну різьбу встановлені такі нормативні документи:

ГОСТ 9150 - 2002 на профіль метричної різьби з кроком до 6 мм.

ГОСТ 8724 - 2002 на діаметри і кроки метричної різьби.

В умовне позначення метричної різьби входять: буква М, номінальний діаметр різьби, числове значення кроку (для різьби з дрібним кроком), літери LH для лівої різьби. Наприклад, різьблення з номінальним діаметром 24 мм з великим кроком позначається

M24; різьблення того ж діаметра з дрібним кроком 1,5 мм - M24 × 1,5; така ж по діаметру ліва різьба з великим і дрібним кроком відповідно M24LH і M24 × 1,5LH.

Болти. Болти розрізняють: 1) за формою і розмірами головки; 2) по формі стрижня; 3) по кроку різьби; 4) за характером виконання; 5) по точності виготовлення. Залежно від умов роботи і призначення головки болтів можуть мати шестигранну, напівкруглу або потаємну форму.

Болти із шестигранною (ГОСТ 7798- 70), шестигранною зменшеною головкою (ГОСТ 7796-70) і шестигранною головкою з напрямним підголовком виготовляють нормальної, підвищеної і грубої точності (класів точності відповідно В, А, С). Залежно від варіанту виконання болти можуть мати отвір для шплінта в стрижні або два наскрізних отвори в голівці. Для забезпечення точного взаємного положення деталей передбачені болти з шестигранною головкою для отворів з-під розгортки. Кріпильні деталі виготовляють з вуглецевих сталей звичайного якості (Ст3) ГОСТ 380-2005, якісних конструкційних сталей (Ст20, Ст30, Ст35, Ст45) ГОСТ 1050-88 і для відповідальних з'єднань з легованих конструкційних сталей (40Х, 40ХН, 30ХГСА і ін.) ГОСТ 4543-71. Для підвищення міцності кріпильні деталі з середньо-вуглецевих сталей піддаються термічній обробці.

Механічні властивості болтів, гвинтів і шпильок з вуглецевих нелегованих і легованих сталей відповідно до ГОСТ Р52627-2006 при нормальній температурі характеризують 11 класів міцності, а саме: 3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 8.8; 9.8; 10.9; 12.9. Клас міцності позначений двома числами, розділеними крапкою. Перше з цих чисел, помножене на 100, визначає мінімальне тимчасовий опір в Н / мм², друге число, помножене на 10, - відношення границі плинності до тимчасового опору у відсотках. Добуток чисел, помножений на 10, визначає межу плинності в Н / мм². Наприклад, для класу міцності 5.8 мінімальне тимчасовий опір складе 500 Н / мм², межа плинності буде дорівнює 400 Н / мм² і відношення границі плинності до тимчасового опору дорівнюватиме 80%.

Гайки. Гайки класифікують: а) за формою поверхні; б) по характеру виконання; в) по кроку різьби; г) по точності виготовлення. За формі поверхні розрізняють гайки шестигранні, круглі, гайки – барашки, ковпачкові. Найбільш широке застосування отримали шестигранні гайки, які виготовляються класів точності В, А, С (нормальної, підвищеної, грубої точності). Шестигранні гайки за конструкцією розділяють на звичайні, прорізні і корончаті, а по висоті на високі, нормальні і низькі. Для гайок з вуглецевих нелегованих і легованих сталей встановлені наступні класи міцності: 4; 5; 6; 8; 9; 10; 12 - для високих гайок. Для гайок з номінальною висотою, рівній або більш 0,5d і менш 0,8d класи міцності: 04 і 05. Клас міцності позначений числом, яке при множенні на 100 дає величину напруження, що відповідає границі міцності матеріалу в МПа.

ТЕМА 12. МЕХАНІЧНІ ПЕРЕДАЧІ

Механічна передача — механізм для передавання механічної енергії від двигуна до робочого органу машини з перетворюванням параметрів руху (швидкостей, крутних моментів, видів і законів руху).

Основне призначення механічних передач — це узгодження параметрів руху робочих органів машини з параметрами руху валу двигуна. Потреба встановлення механічної передачі між двигуном та робочим органом машини як складової частини привода диктується такими завданнями:

- для вибору оптимальної швидкості руху;
- для регулювання швидкості руху (збільшення або зменшення);
- для перетворення виду руху: обертального в поступальний (передачі рейкові і гвинт–гайка) і навпаки (кривошипно-шатунний механізм);
- для зміни напрямку руху (реверсування);
- для зміни обертальних моментів і зусиль при русі;
- для передачі потужності на відстань.

Передачі обертального руху, у свою чергу, ділять за принципом роботи на:

- передачі зачепленням, що працюють без проковзування (зубчасті передачі, черв'ячні передачі і ланцюгові передачі);
- передачі тертям (пасові та фрикційні передачі).

За наявністю проміжної гнучкої ланки, що забезпечує можливість розміщувати вали на значних відстанях один від одного, розрізняють:

- передачі із гнучкою проміжною ланкою (пасові і ланцюгові передачі);
- передачі безпосереднім контактом (зубчасті, черв'ячні, фрикційні передачі та ін.).

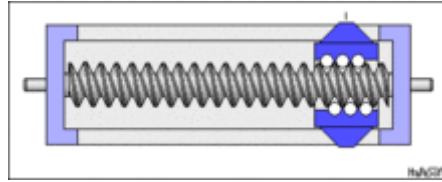
За взаємним розташуванням валів механічні передачі бувають:

- з паралельними осями валів (циліндричні зубчасті, ланцюгові, пасові передачі);
- з осями, що перетинаються (конічні зубчасті);
- з мимобіжними осями, що перехрещуються (черв'ячні, гіпоїдні).

За основною кінематичною характеристикою - передавальним відношенням - розрізняють передачі:

- з постійним передавальним відношенням (редуктор);
- із змінним передавальним відношенням (ступінчасті — коробки передач і безступінчасті — варіатори).

Передачі, що перетворюють обертальний рух в безперервний поступальний або навпаки, розділяють на передачі:



- гвинт — гайка (ковзання і кочення);



- рейка — рейкова шестерня;
- рейка — черв'як;
- довга напівгайка — черв'як.

Основний кінематичний параметр механічної передачі — **передавальне відношення** $i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$, яке дорівнює відношенню кутової швидкості ω_1 ведучої ланки до

кутової швидкості ω_2 веденої ланки передачі.

Енергетичними параметрами механічної передачі є передавані потужності на ведучій ланці N_1 і на веденій ланці N_2 , а також коефіцієнт корисної дії (**ККД**), що визначається за співвідношенням $\eta = N_2/N_1$. ККД характеризує ступінь досконалості механічної передачі і за ним можна оцінити втрати потужності ΔN у передачі:

$$\Delta N = N_1 - N_2 = N_1(1 - \eta).$$

Параметри ω_1 і ω_2 , а також N_1 і N_2 є мінімально необхідними для розрахунку будь-якої механічної передачі.

Передавані потужності (**Вт**), та кутові швидкості (рад/с), визначають крутні моменти, Н·м, на валах передачі:

на ведучому валу

$$M_1 = N_1/\omega_1;$$

на веденому валу

$$M_2 = N_2/\omega_2.$$

Співвідношення між крутними моментами на валах механічної передачі можна встановити за цими виразами і записати у такому вигляді:

$$N_2/N_1 = i \cdot \eta \text{ або } N_2 = N_1 \cdot i \cdot \eta$$

Інколи швидкості обертання ланок механічної передачі задаються у вигляді частоти обертання n (хв⁻¹). Зв'язок між кутовою швидкістю ω (рад/с), та частотою обертання n (хв⁻¹), виражається співвідношенням

$$\omega = \pi \cdot n / 30.$$

У приводах машин можуть застосовуватись декілька послідовно сполучених механічних передач. У цьому випадку загальне передавальне відношення i привода та його ККД визначаються за наведеними нижче формулами: $\omega_2 = \omega_1/i_1$; $\omega_3 = \omega_2/i_2 = \omega_1/(i_1 \cdot i_2)$; $\omega_4 = \omega_3/i_3 = \omega_1/(i_1 \cdot i_2 \cdot i_3)$.

Загальне передавальне відношення приводу

$$i = \omega_1/\omega_4 = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3.$$

Отже, загальне передавальне відношення приводу, що складається з кількох механічних передач, дорівнює добутку передавальних відношень його складових передач, тобто

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n.$$

Зв'язок між потужностями на окремих валах приводу запишемо у вигляді

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_1; N_3 = N_2 \cdot \eta_2 = N_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2; N_4 = N_3 \cdot \eta_3 = N_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3.$$

Відповідно, ККД всього приводного механізму:

$$\eta = N_4/N_1 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$

ККД приводу, що складається з декількох послідовно сполучених механічних передач, дорівнює добутку ККД всіх його складових передач, тобто $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n$.

ТЕМА 13. ВАЛИ, ОСІ ТА ЇХ ОПОРИ

Вал - деталь машини або механізму призначена для передачі обертового або крутного моменту вздовж своєї осьової лінії. Більшість валів - це обертові (рухливі) деталі механізмів, на них зазвичай закріплюються деталі, які безпосередньо беруть участь у передачі крутного моменту (зубчасті колеса, шків, зірочки ланцюгових передач і т.п.)¹.

Вісь - деталь машини або механізму, яка забезпечує розміщення обертових частин і не бере участі в передачі обертового або крутного моменту. Ось може бути рухомою (встановлена на підшипниках і обертається) або нерухомою (підшипники встановлено на осі, яка фіксується у корпусі).

Класифікація валів і осей здійснюється за такими ознаками:

1. За формою поздовжньої геометричної осі:

- прямі (поздовжня геометрична вісь - пряма лінія), наприклад, вали редукторів, вали коробок передач гусеничних і колісних машин;
- колінчаті (поздовжня геометрична вісь розділена на кілька відрізків, паралельних між собою зміщених одна відносно одної в радіальному напрямку), наприклад, колінвал двигуна внутрішнього згорання;
- гнучкі (поздовжня геометрична вісь є лінією змінної кривизни, яка може змінюватися в процесі роботи механізму або при монтажно-демонтажних заходах), часто використовуються в приводі спідометра автомобілів.

2. За функціональним призначенням:

- 2.1. вали передач, несуть на собі елементи, що передають крутний момент (зубчасті або черв'ячні колеса, шків, зірочки, муфти і т.п.) і в більшості своїй забезпечені кінцевими частинами, що виступають за габарити корпусу механізму;
- 2.2. трансмісійні вали призначені, як правило, для розподілу потужності одного джерела до декількох споживачів;
- 2.3. корінні вали - вали, що несуть на собі робочі органи виконавчих механізмів (корінні вали верстатів, що несуть на собі оброблювану деталь або інструмент називають шпинделями).

3. Прямі вали за формою виконання і зовнішньої поверхні:

- 3.1. гладкі вали мають однаковий діаметр по всій довжині;
- 3.2. ступінчасті вали відрізняються наявністю ділянок відрізняються один від одного діаметрами;
- 3.3. порожнисті вали забезпечені наскрізним або глухим отвором, співвісним з зовнішньою поверхнею валу і виконаним на більшій частині довжини вала;
- 3.4. шліцьові вали по зовнішній циліндричній поверхні мають поздовжні виступи - шліци, рівномірно розташовані по колу і призначені для передачі моментної

¹ Вали и оси. Назначение, классификация : [Электронный ресурс]. - http://life-prog.ru/1_29444_vali-i-osi-naznachenie-klassifikatsiya.html

навантаження від або до деталей, що безпосередньо бере участь у передачі крутного моменту;

- 3.5. вали, суміщені з елементами, безпосередньо беруть участь у передачі крутного моменту (вал-шестерня, вал-черв'як).

Конструктивні елементи валів представлені на рисунку 13.1.

Опорні частини валів і осей, через які діють на них навантаження передаються корпусним деталям, називаються цапфами. Цапфу, розташовану в середній частині вала, зазвичай називають шийкою. Кінцеву цапфу вала, що передає корпусним деталям тільки радіальне навантаження або радіальну і осьову одночасно, називають шипом, а кінцеву цапфу, що передає тільки осьову навантаження, називають п'ятою. З цапфами вала взаємодіють елементи корпусних деталей, що забезпечують можливість обертання валу, що утримують його в необхідному для нормальної роботи положенні і сприймають навантаження з боку вала. Відповідно елементи, що сприймають радіальне навантаження (а часто разом з радіальною і осьову) називають підшипниками, а елементи, призначені для сприйняття тільки осьового навантаження - підп'ятниками.

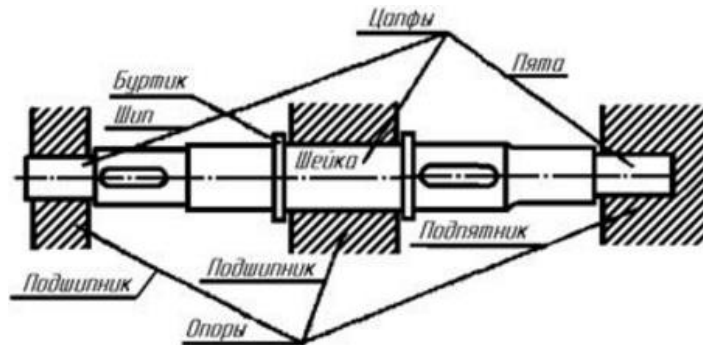


Рисунок 13.1 - Основні елементи валу

Кільцевий потовщення валу малої протяжності, що становить з ним одне ціле і призначений для обмеження осьового переміщення самого вала або насаджених на нього деталей, називають **буртиком**.

Перехідна поверхня від меншого діаметра вала до більшого, що служить для спирання насаджених на вал деталей, називається **заплечиком**.

Перехідна поверхня від циліндричної частини вала до заплічок, виконана без видалення матеріалу з циліндричної і торцевої поверхні (рис. 13.2), називається **галтеллю**. Галтель призначається для зниження концентрації напружень в перехідній зоні, що в свою чергу веде до збільшення втомної міцності вала. Найчастіше галтель виконують у формі радіусної поверхні, однак в окремих випадках жолобник може бути виконана у формі поверхні змінної подвійної кривизни. Остання форма галтелі забезпечує максимальне зменшення концентрації напружень, однак вимагає виконання спеціальної фаски в отворі насажуваної деталі.

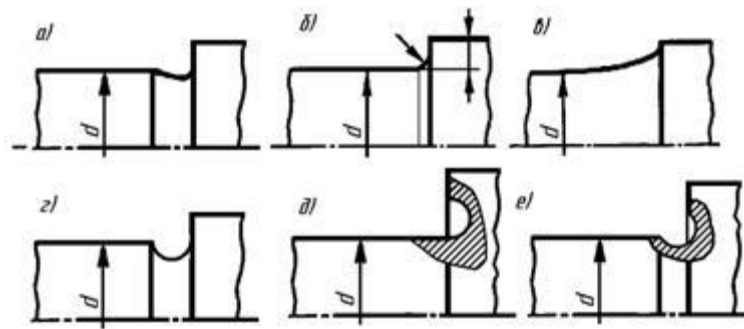


Рисунок 13.2 – Форми перехідних ділянок між циліндричною поверхнею та заплечиком

Поглиблення малої протяжності на циліндричній поверхні вала, виконане по радіусу до осі вала, називають канавкою (рис. 13.2, а, г, е). Канавка, також як і галтель, дуже часто використовується для оформлення переходу від циліндричної поверхні вала до торцевої поверхні його заплечика. Наявність канавки в цьому випадку забезпечує сприятливі умови для формування циліндричних посадочних поверхонь, так як канавка є простором для виходу інструменту, що формує циліндричну поверхню при механічній обробці (різець, шліфувальний круг). Однак канавка не виключає можливості утворення сходинок на торцевій поверхні заплечика.

Поглиблення малої протяжності на торцевій поверхні заплечика вала, виконане уздовж осі вала, називають поднутренням (рис. 13.2, д). Поднутрення забезпечує сприятливі умови для формування торцевої опорної поверхні заплечика, так як є простором для виходу інструменту, що формує цю поверхню при механічній обробці (різець, шліфувальний круг), але не виключає можливості утворення сходинок на циліндричній поверхні вала при її остаточній обробці.

Обидві зазначені проблеми вирішує введення в конструкцію вала похилої канавки (рис. 13.2, е), яка поєднує переваги, як циліндричної канавки, так і піднутрення.

Цапфи валів можуть мати форму різних тіл обертання (рис. 21): циліндричну, конічну або сферичну. Шийки і шипи найчастіше виконують у формі циліндра (рис. 21, а, б). Цапфи такої форми достатньо технологічні при виготовленні і ремонті і широко застосовуються як з підшипниками ковзання, так і з підшипниками кочення. У формі конуса виконують кінцеві цапфи (шипи, рис. 21, в) валів, що працюють, як правило, з підшипниками ковзання, з метою забезпечення можливості регулювання зазору і фіксації осьового положення вала. Конічні шипи забезпечують більш точну фіксацію валів в радіальному напрямку, що дозволяє зменшити биття вала при високих частотах обертання. Недоліком конічних шипів є схильність до заклинювання при температурному розширенні (збільшенні довжини) вала. Сферичні цапфи добре компенсують неспіввісності підшипників, а також знижують вплив вигину валів під дією робочих навантажень на роботу підшипників. Основним недоліком сферичних цапф є підвищена складність конструкції підшипників, що збільшує вартість виготовлення і ремонту вала і його підшипника.

П'яти за формою і кількістю поверхонь тертя можна розділити на суцільні, кільцеві, гребінчасті і сегментні.

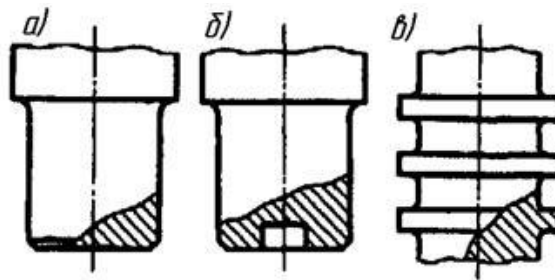


Рисунок 13.3 – Форми п'ят валів

Суцільна п'ята найбільш проста у виготовленні, але характеризується значною нерівномірністю розподілу тиску по опорній площі п'яти, скрутним виносом продуктів зносу мастильними рідинами і істотно нерівномірним зносом.

Кільцева п'ята (рис. 13.3, б) з цієї точки зору більш сприятлива, хоча і дещо складніше у виготовленні. При подачі мастила в пріосевої область її потік рухається по поверхні тертя в радіальному напрямку, тобто перпендикулярно до напрямку ковзання, і таким чином віджимає туться одна від одної, створюючи сприятливі умови для відносного прослизання поверхонь.

Сегментна п'ята може бути отримана з кільцевої за допомогою нанесення на робочу поверхню останньої декількох неглибоких радіальних канавок, симетрично розташованих по колу. Умови тертя в такий п'яті ще більш сприятливі в порівнянні з вищеописаними. Наявність радіальних канавок сприяє утворенню рідинного клина між поверхнями, що туться, що веде до їх поділу при знижених швидкостях ковзання.

Гребенчата п'ята (рис. 13.3, в) має кілька опорних поясів і призначена для сприйняття осьових навантажень значної величини, але в цій конструкції досить важко забезпечити рівномірність розподілу навантаження між гребенями (потрібна висока точність виготовлення, як самої п'яти, так і підп'ятника). Монтаж вузлів з такими підп'ятниками теж досить складний.

Вихідні кінці валів (рис. 13.1) зазвичай мають циліндричну або конічну форму. Фіксація елементів на таких кінцях валів забезпечуються шпонковими пазами або шліцами для передачі крутного моменту.

Циліндричні кінці валів простіше у виготовленні і особливо з врахуванням можливості нарізування шліців. Конічні кінці краще центрують насаджені на них деталі і в зв'язку з цим більш прийнятні для високошвидкісних валів.

Всі вали та осі встановлюють в опорах. Наприклад вали редуктору або валки прокатного стану встановлюють на двох опорах.

Опора являє собою підшипниковий вузол, який складається з таких елементів:

корпус; підшипник (ки); фіксуючі деталі; ущільнення; елементи змащування.

За даними [2], підшипниковий вузол повинен: обмежувати осьове зміщення вала; забезпечувати сприйняття радіальних і осьових сил, належні умови для змащування і запобігання від забруднень оточуючого середовища, зручність монтажу і демонтажу. Конструкції підшипникових вузлів повинні виключати заклинювання тіл кочення, коли діє осьове навантаження на вузол, компенсувати температурні деформації деталей та помилки виготовлення. Крім того, усі деталі вузла повинні мати достатню об'ємну і контактну міцність, оскільки значні деформації валів і стінок корпусів призводять до порушення нормальної роботи підшипників

Сприйняття радіальних і осьових сил та обмеження осьового зміщення вала забезпечується відповідними посадками і, в разі необхідності, фіксацією кілець на валу та в корпусі. Посадка зовнішнього кільця в корпусі здійснюється в системі валу, внутрішнього кільця – в системі отвору. Поля допусків та посадкових місць у корпусах і на валах залежать від режиму роботи, виду навантаження, типу підшипника. Вибір способу фіксації кілець на валу і в корпусі визначається схемами установки вала на підшипниках, типом підшипника, особливостями експлуатації, технологічними можливостями виробництва.

Відомо три схеми установки вала на підшипниках кочення:

- вал з фіксацією від осьового переміщення в обох опорах (рис. 14.1);
- вал з фіксацією від осьового переміщення в одній опорі (рис. 14.2);
- вал без фіксації від осьового переміщення в опорах (рис. 14.3).

Фіксація внутрішніх кілець на валу може, наприклад, здійснюватися: посадкою з натягом внутрішнього кільця (рис. 14.1, а), додатково до посадки з натягом – торцевою шайбою (рис. 14.2, а; поз.7), додатково до посадки з натягом – торцевою гайкою (рис. 14.1, б; поз б). Зовнішнє кільце в корпусі встановлюють: без фіксації (рис. 14.2, а, б – права опора), з однібічною фіксацією (рис. 14.1, а, б – всі опори), із двобічною фіксацією (рис. 14.2, а – ліва опора та рис. 14.3 – всі опори).

Перший спосіб установки вала реалізується за двома схемами – «врозпір» (рис. 14.1, а) і «врозтяж» (рис. 14.1, б); другий спосіб реалізується за схемою вільного осьового переміщення тіл кочення (у роликотпідшипників) чи зовнішнього кільця (у шарикотпідшипників).

² Гайдамака А. В. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення : Навчальний посібник / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2009. – 248 с.

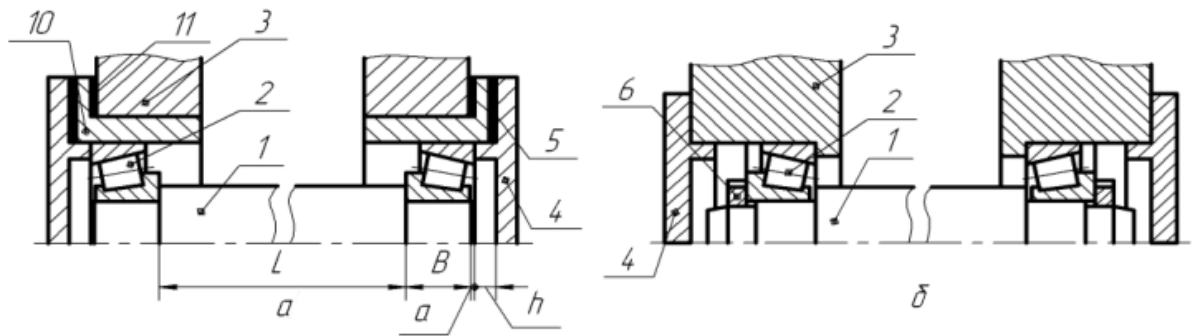


Рисунок 14.1. - Установка вала з фіксацією від осьового переміщення в обох опорах

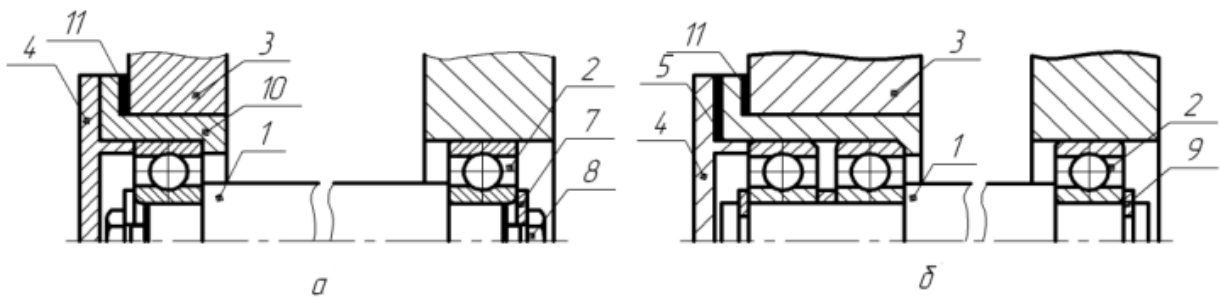


Рисунок 14.2. - Установка вала з фіксацією від осьового переміщення в одній опорі

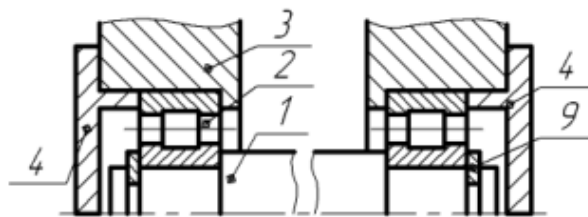


Рисунок 14.3 - Установка вала без фіксації від осьового переміщення в опорах

З двох схем першого способу установки вала на підшипниках найбільш простою і поширеною є схема «врозпір» (широкі торці зовнішніх кілець ззовні) внаслідок можливості регулювання опор монтажними прокладками і відносної простоти їхньої конструкції.

Недоліками схеми «врозпір» є наступні особливості. Розміри L , B , a , h (рис. 14.1, а) утворюють розмірний ланцюг. Помилки при виготовленні деталей за цими розмірами призводять до зміни величини зазору a . Тому допуски на виготовлення деталей цього підшипникового вузла досить жорсткі. Другим недоліком цієї схеми є вирогідність защемлення вала в опорах внаслідок нагрівання підшипників. Для усунення цих недоліків при монтажі вузлів між кришкою і корпусом встановлюють монтажні прокладки (на рис. 1.8, а прокладки показані зачерненими). Схема «врозпір» частіше застосовується для коротких валів (відношення довжини вала до його діаметра $L/d < 4$) при обов'язковій наявності загального осьового зазору $a = 0,2 \dots 0,5 \text{ мм}$.

Основними перевагами схеми «врозтяж» (широкі торці зовнішніх кілець зсередини) є можливість регулювання опор і мала імовірність защемлення вала в опорах внаслідок нагрівання підшипників. Недоліками схеми «врозтяж» є ускладнення конструкції вузла в порівнянні зі схемою «врозпир» і можливість виникнення додаткових зазорів у підшипниках.

Спосіб установки вала, коли він фіксується від осьового переміщення в одній опорі, застосовують для порівняно довгих валів ($L/d < 8 \dots 10$), а також для валів з підшипниками, що встановлені в окремих корпусах. Тут фіксований на валу і в корпусі підшипник (рис. 14.2, а) сприймає радіальне й осьове навантаження, а вільно розміщений у корпусі другий підшипник (плаваюча опора) – тільки радіальні навантаження.

Перевагами другого способу установки вала на підшипниках є те, що температурні деформації вала не викликають його защемлення в підшипниках, а помилки виготовлення деталей підшипникових вузлів не впливають на точність їхнього монтажу. Недоліками є мала радіальна і осьова жорсткість опор вала, а також відносна складність конструкції фіксованої опори.

Жорсткість опор і самого вала може бути підвищена при установці у фіксуючій опорі пари підшипників (рис. 2.2, б). У такій опорі радіальні й осьові зазори підшипників регулюють за допомогою набору монтажних прокладок між корпусом і кришкою.

Спосіб установки вала на двох плаваючих опорах застосовують, коли необхідно, щоб один з валів машини мав при роботі можливість осьового переміщення в обох напрямках. Тут нерідко використовуються циліндричні роликopідшипники без бортів на одному з кілець, переважно на зовнішньому, і рідше – сферичні кулькові підшипники. Для таких опор дуже важливо забезпечити надійну фіксацію і посадку кілець для виключення можливості їхнього провертання в процесі тривалого терміну роботи.

ТЕМА 14. РЕДУКТОРИ

Редуктором називають пристрій, що перетворює високу кутову швидкість обертання вхідного валу у меншу на вихідному валі, підвищуючи при цьому, крутний момент³.

Пристрій, який перетворює малу кутову швидкість у вищу називають мультиплікатором.

Редуктор зі ступінчастою зміною кутової швидкості називається коробкою передач, із безступінчастою — варіатор.

Основні типи редукторів за типом зубчастого зачеплення:

- циліндричні;
- конічні;
- черв'ячні;
- планетарні та хвильові;
- мотор-редуктори.

Циліндричні редуктори

Циліндричні редуктори використовуються для передавання обертального руху між паралельними або співвісними валами за допомогою циліндричних зубчастих передач. Вони мають високий ККД (0,94...0,98 на один ступінь) і великий ресурс роботи (36000...50000 год). Можуть використовуватись у швидкохідних машинах (частота обертання вхідного валу 60 с^{-1} а у спеціальних редукторів до 200 с^{-1}).

Недоліки цих редукторів: підвищені вібрації, що знижуються використанням косозубих та шевронних передач, великі габарити при великих передатних відношеннях.

Виконання: **одноступінчасті** ($u = 1,6...8,0$)

з вертикальним розміщенням зубчастих коліс;

з горизонтальним розміщенням коліс;

двоступінчасті ($u = 7,1...50$)

горизонтальні тривісні;

горизонтальні із співвісними колесами

горизонтальні із роздвоєним швидкохідним ступенем;

горизонтальні із роздвоєним тихохідним ступенем;

вертикальні тривісні;

триступінчасті ($u = 25...250$).

Конічні редуктори

Конічні редуктори служать для передачі обертального руху між осями, що перетинаються (зазвичай під прямим кутом). ККД становить 0,90...0,96 на один ступінь. Використовуються в основному одноступінчасті конічні редуктори, багатоступінчасті виконують комбінованими, переважно конічно-циліндричними. Діапазон передатних відношень конічного ступеня $i = 2...6,3$. Рівень вібрацій дещо вищий ніж у циліндричних редукторів, зниження вібрацій досягають виконанням зубців тангенціальними або коловими.

До недоліків конічних редукторів слід віднести великі габарити, високу трудомісткість і вартість виготовлення, пов'язані із необхідністю регулювань при складанні, а також, підвищені вимоги до несучої здатності підшипників через переважно консольне виконання ведучого валу.

³ Механічний редуктор : [Електронний ресурс]. - [https://uk.wikipedia.org/wiki/ Механічний_редуктор](https://uk.wikipedia.org/wiki/Механічний_редуктор)

Виконання: **одноступінчасті** ($u = 2...6,3$)

з горизонтально розташованим веденим валом;

з вертикально розташованим веденим валом;

двоступінчастий конічно-циліндричний ($u = 6,3...40$)

з горизонтально розташованим тихохідним валом;

з вертикально розташованим тихохідним валом;

з вертикально розташованим швидкохідним валом;

Черв'ячні одноступінчасті редуктори типу Ч

Черв'ячні редуктори на основі черв'ячної передачі забезпечують крутні моменти на тихохідному валу до $M = 850000$ Н·м, передавальні відношення в діапазоні $u = 8...80$. Корпуси черв'ячних редукторів виконують з ребрами охолодження та вентилятором, розміщеним на валу черв'яка. У залежності від варіанту конструкції тихохідні вали бувають однокінцевими і двокінцевими. Черв'ячні редуктори передають рух між валами, що перехрещуються під прямим кутом.

Виконання:

одноступінчасті ($u = 8...80$)

з нижнім розміщенням черв'яка;

з верхнім розміщенням черв'яка;

з вертикальним розміщенням черв'яка;

з горизонтальним (боковим) розміщенням черв'яка;

двоступінчасті

циліндрично-черв'ячні ($u = 16...200$);

черв'ячно-циліндричні ($u = 25...250$);

двочерв'ячні ($u = 63...4000$).

До переваг можна віднести: здатність створювати великі передатні числа; компактність передачі; плавність та безшумність у роботі; самогальмівна передача (передає крутий момент тільки в одному напрямі, від черв'яка до черв'ячного колеса); постійне передатне число;

Недоліки: низький ККД; $z = 1 \quad \eta = 0.6...0.75$;

$z = 2 \quad \eta = 0.8...0.85$;

$z = 4 \quad \eta = 0.85...0.95$;

нагрів передачі при роботі;

недоцільність використання таких передач для великих потужностей ($\leq$ сотен кіловат);

необхідність використання кольорових металів для зменшення тертя.

Планетарні і хвильові редуктори

У планетарних редукторах використовуються планетарні передачі, у яких осі певних коліс (сателітів) закріплені на рухомій деталі. Їх ККД досить високий ($0,9...0,95$). Такі редуктори мають різне конструктивне виконання у залежності від того, який тип передачі використовується (зубчасті циліндричні зовнішнього зачеплення, зубчасті циліндричні внутрішнього зачеплення, конічні зубчасті), яке з центральних коліс є нерухомим та ін.

Перевагою планетарних редукторів є мала питома матеріаломісткість при достатній навантажувальній здатності і довговічності у зв'язку з багатопарним зачепленням (потужність передається у декілька потоків).

Редуктори на основі хвильової передачі можна розглядати як різновид планетарного редуктора на основі гнучкого проміжного колеса. Передаточні числа хвильових редукторів складають $u = 80...300$ і більше. Такі редуктори мають високу навантажувальну здатність у зв'язку з багатопарністю зачеплення.

Мотор-редуктори

Мотор-редуктор це агрегат, що суміщає в одному корпусі електродвигун і редуктор. Це дозволяє добитися більшої точності взаємного розташування валів редуктора і електродвигуна та зменшення кількості деталей.

Серійно випускаються мотор-редуктори:

- циліндричні двоступінчасті співвісні типу МЦ2С (крутний момент на тихохідному валу $M = 125 \dots 1000$ Н·м, частота обертання тихохідного вала $n = 28 \dots 180$ об/хв);
- планетарно-зубчасті, двоступінчасті типу МП₃2 ($M = 125 \dots 1000$ Н·м, $n = 18 \dots 90$ об/хв);
- хвильові горизонтальні типу МВ₃ ($M = 90 \dots 1000$ Н·м, $n = 5,8 \dots 18$ об/хв).

Таблиця 14.1 - Середнє значення к.к.д та передаточного числа⁴

Тип передачі	ККД		Передаточне число
	закрита	відкрита	
Зубчата:			
циліндрична	0,96 – 0,98	0,92 – 0,94	2 – 6,3
конічна	0,95 – 0,97	0,91 – 0,93	2 – 6,3
Черв'ячна при			
$Z_1 = 1$	0,65-0,74	0,6-0,7	10-40
$Z_1 = 2$	0,75-0,85		
$Z_1 = 4$	0,85-0,90		
Ланцюгова	0,94-0,96	0,90-0,93	2-6,3
Фрикційна	0,90-0,95	0,93-0,95	2-4
Пасова	–	0,94-0,96	2-4

Розглянемо більш детально одноступінчатий редуктор, креслення якого наведено на рисунку 14.1.

Для порівняння розглянемо можливі компоновки типових двоступеневих редукторів, показані на рисунку 14.2.

⁴ Передачі зачепленням. Розрахунок на міцність : Навчальний посібник / Д.І. Момот, А. С. Шарапата. – Харків : Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – 2007. – 175 с.

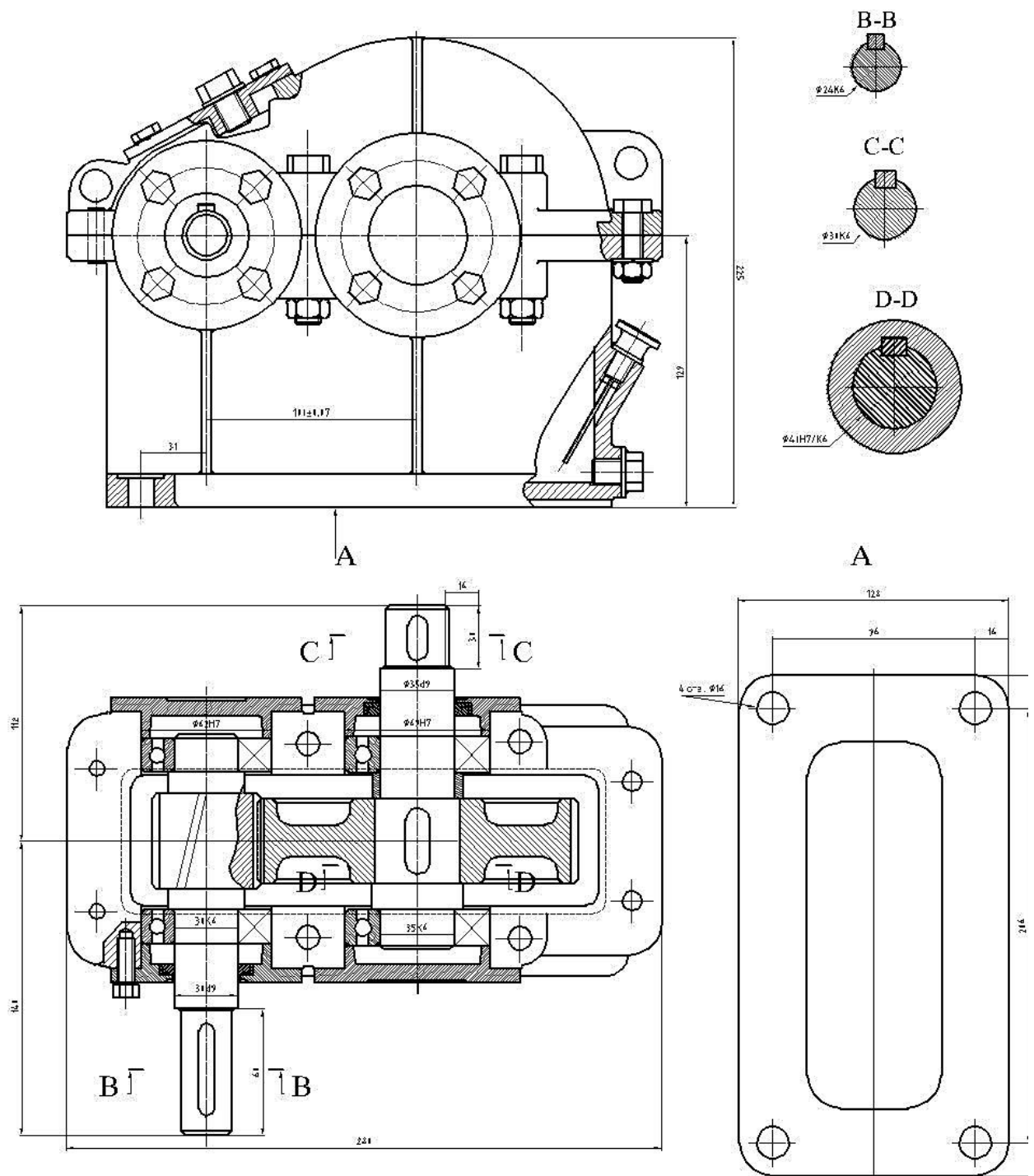


Рисунок 14.1, а

[Редуктор одноступенчатый цилиндрический косозубый $u=3.15$. / В: Масштабе –
 инженерный портал. - http://www.vmashtabe.ru/mashinostroenie-i-mehanika/detali_mashin/reduktori/reduktor-odnostupenchatyy-tsilindricheskiy-kosozubyy-u-3-15.html]

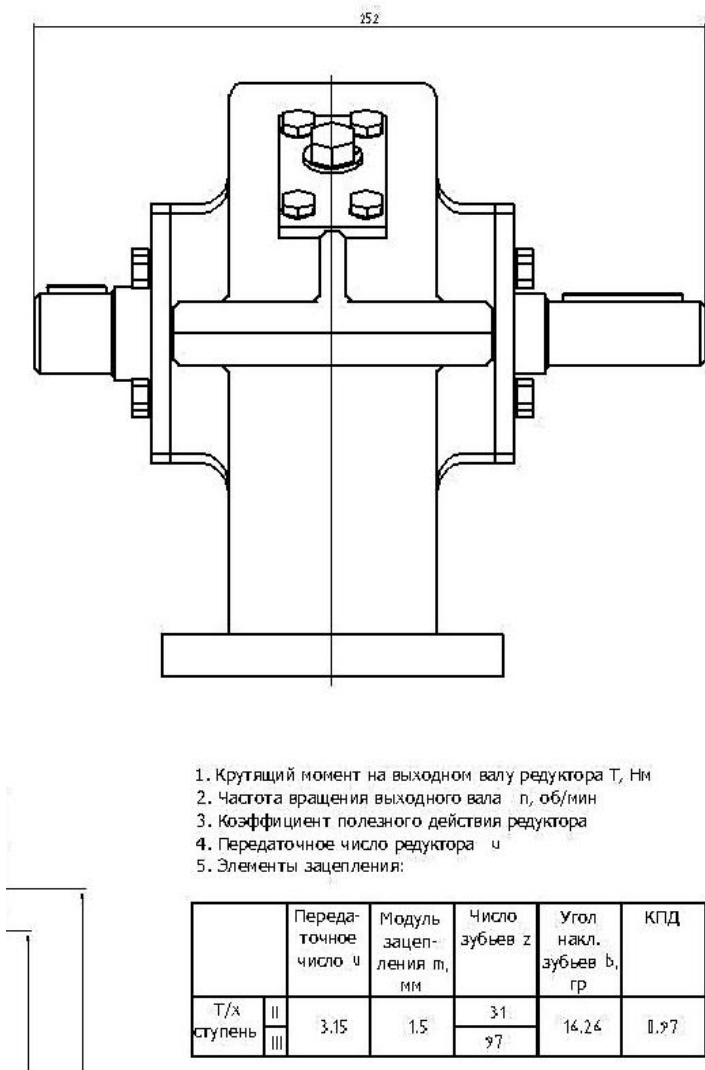


Рисунок 14.1, б

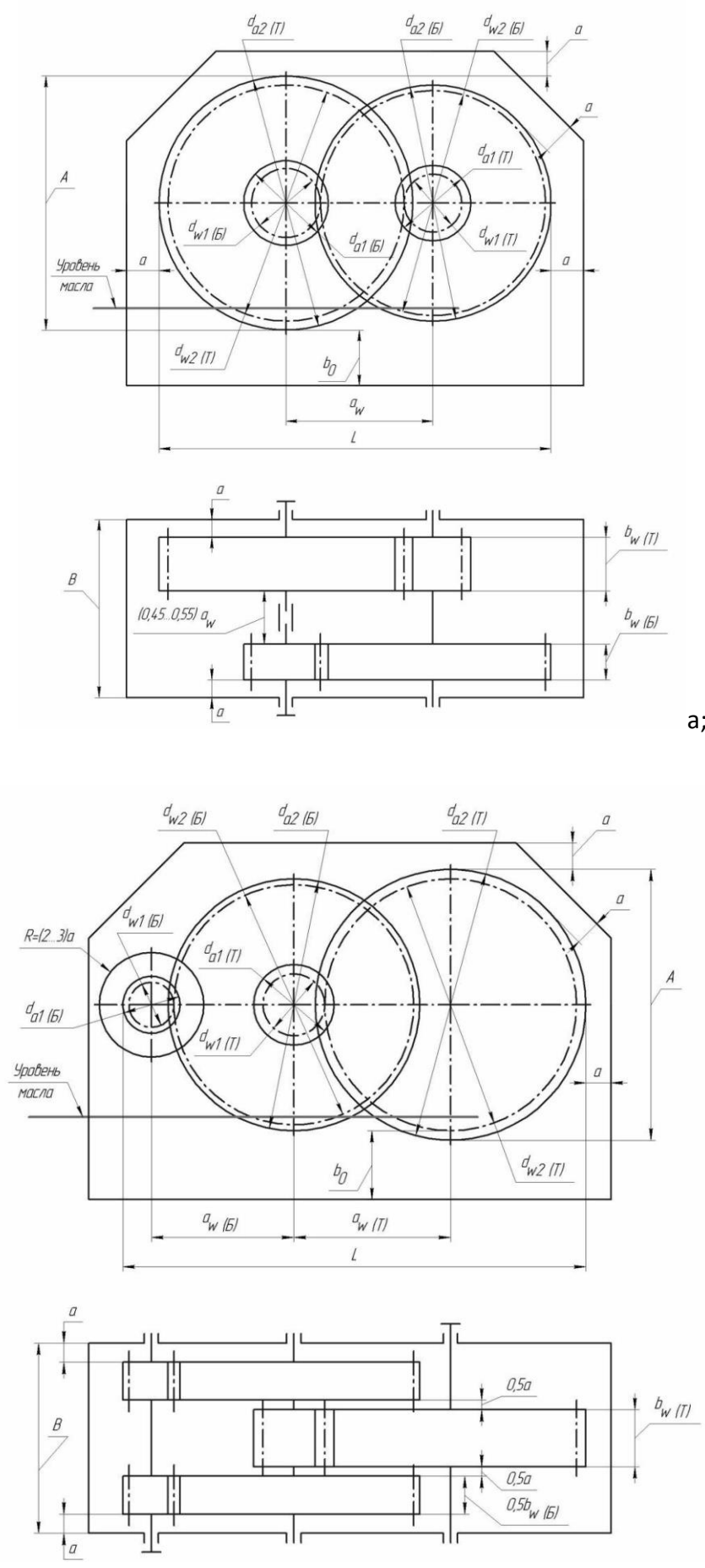


Рисунок 14.2

ТЕМА 15. ГІДРОПРИВОДИ

Під гідроприводом розуміють сукупність пристроїв - гідромашин і гидроапаратів, призначених для передачі механічної енергії і перетворення руху за допомогою рідини. За принципом дії гідроприводи поділяються на гідростатичні (гідрооб'ємні) і гідродинамічні.

Об'ємний гідропривод - гідропривод, який використовує об'ємні гідромашини.

Принцип дії об'ємного гідроприводу заснований на практичній нестисненості робочої рідини і на властивості рідини передавати тиск в усіх напрямках відповідно до закону Паскаля.

По виду джерела енергії рідини об'ємні гідроприводи поділяються на три типи:

Насосний гідропривід: джерелом енергії рідини є об'ємний насос, що входить до складу гідроприводу. За характером циркуляції робочої рідини насосні гідроприводи поділяють на приводи з розімкненим циркуляцією рідини (рідина від гідро двигуна надходить в гідробак, звідки всмоктується насосом) і приводи з замкнутої циркуляцією рідини (рідина від гідродвигуна надходить відразу у всмоктувальну гідролінію насоса).

Акумуляторний гідропривід: джерелом енергії рідини є попередньо заряджений гідроакумулятор. Такі приводи використовуються в гідросистемах з короткочасним робочим циклом або з обмеженим числом циклів (наприклад, гідропривід керма ракети).

Магістральний гідропривід: робоча рідина надходить в гідросистему з централізованої гідравлічної магістралі з певним розташовуванням напором (енергією).

Вихідним ланкою гідроприводу вважається вихідна ланка гідродвигуна, яка вчиняє корисну роботу.

За характером руху вихідної ланки розрізняють об'ємні гідроприводи:

- **Поступального руху.** У них вихідна ланка здійснює зворотно-поступальний рух. Як гідродвигателя використовується об'ємний гідродвигун зворотно-поступального руху (гідроциліндр);

- **Поворотного руху.** У них вихідна ланка здійснює обмежене за величиною зворотно-поворотний рух. Як гідродвигателя використовується об'ємний гідродвигун поворотного руху (поворотний гідродвигун);

- **Обертального руху.** У них вихідна ланка здійснює обертальний рух. Як гідродвигателя використовується об'ємний гідродвигун обертального руху (гідромотор).

За характером руху вихідної ланки гідродвигуна гідравлічні приводи поділяються на:

- гідроприводи обертального руху ([гідродвигуном](#) служить [гідромотор](#));
- гідроприводи поступального руху ([гідродвигуном](#) служить у переважній більшості [гідроциліндр](#));
- гідроприводи поворотного руху ([гідродвигуном](#) служить [поворотний гідродвигун](#)).

За схемою циркуляції рідини у приводі:

- гідропривод із замкнутою схемою циркуляції, у якому робоча рідина від гідродвигуна одразу повертається у всмоктувачу гідролінію насоса;

- гідропривод з розімкненою системою циркуляції, у якому робоча рідина знаходиться у гідробаку і постійно контактує атмосферою.

Гідропривод із замкнутою циркуляцією робочої рідини компактний, має невелику масу і допускає велику частоту обертання ротора насоса без небезпеки виникнення [кавітації](#), оскільки в такій системі у вхідній лінії тиск завжди вищий за атмосферний. До недоліків слід віднести погані умови для охолодження робочої рідини, а також необхідність зливу робочої рідини та заповнення гідросистеми при заміні або ремонті гідроапаратури.

Переваги розімкненої схеми — хороші умови для охолодження і очищення робочої рідини. Проте такі гідроприводи громіздкі і мають велику масу, а частота обертання ротора насоса обмежується швидкостями руху робочої рідини, що допускаються (з умов безкавітаційної роботи насоса), у всмоктуючому трубопроводі.

За можливостями і *видом регулювання* гідропривод може бути нерегульованим і регульованим, останній у свою чергу буває:

- об'ємного регулювання;
- дросельного регулювання.

За задачами регулювання, гідроприводи бувають:

- стабілізаційні;
- сліdkувальної дії;
- програмного керування.

Значне поширення гідроприводів у різних галузях зумовлюється низкою істотних переваг, до яких у першу чергу належать:

- можливість одержання великих сил та обертальних моментів при порівняно малих розмірах та масі [гідродвигунів](#);
- передача великих потужностей при малій масі гідроприводу;
- плавність рухів вихідних ланок;
- можливість безступінчастого регулювання швидкості у широкому діапазоні;
- мала інерційність;
- простота керування та автоматизації;
- висока експлуатаційна надійність та стійкість до перевантажень;
- простота реалізації основних видів рухів: обертального, зворотно-поступального і зворотно-поворотного.

Недоліки гідроприводів: При незаперечних високих якостях гідравлічного приводу слід відзначити і властиві йому недоліки:

- ❖ гідроприводи поступаються електричним у відстані транспортування енергії від джерела до споживача та швидкості передачі командних сигналів;
- ❖ у гідроприводах актуальним є питанням забезпечення герметичності порожнин, що знаходяться під тиском;
- ❖ чутливість до в'язкості робочої рідини, котра у свою чергу залежить від температури;

❖ нижчий к.к.д. у порівнянні з механічними передачами у приводах.

Застосування гідроприводів

Гідропривод застосовується в нафтовидобувному обладнанні (гідропоршневі глибинні насосні установки, гідрокачалки, бурові установки тощо), гірничому машинобудуванні (прохідницькі та вугільні комбайни, щити для прокладання тунелів, механізоване кріплення гірничих лав та ін.), на [транспортних](#), сільськогосподарських, дорожньо-будівельних, [кар'єрних](#) та інших машинах.

Верстатобудівна галузь належить до тих галузей, де гідравлічні приводи використовуються традиційно, а саме: у металорізальних верстатах та ковальсько-пресовому обладнанні гідропривод використовується для здійснення як головних, так і допоміжних рухів і приводу робочих органів технологічних машин та роботів-маніпуляторів, затискних, фіксуючих, транспортних пристроїв.

Широко застосовують гідроприводи в літальних та підводних апаратах.

Розглянемо особливості гідромоторів. Конструкції гідромоторів аналогічні конструкціям відповідних насосів. Деякі конструктивні відмінності пов'язані із зворотним потоком потужності через гідромашину, що працює в режимі гідромотора. На відміну від [насосів](#), в гідромоторі на вхід подається [робоча рідина](#) під тиском, а на виході знімається з валу крутний момент.

Найбільшого поширення набули шестеренні, пластинчасті, аксіально-поршневі і радіально-поршневі гідромотори.

Управління рухом валу гідромотора здійснюється з допомогою гідророзподільника, або за допомогою засобів регулювання гідроприводу.

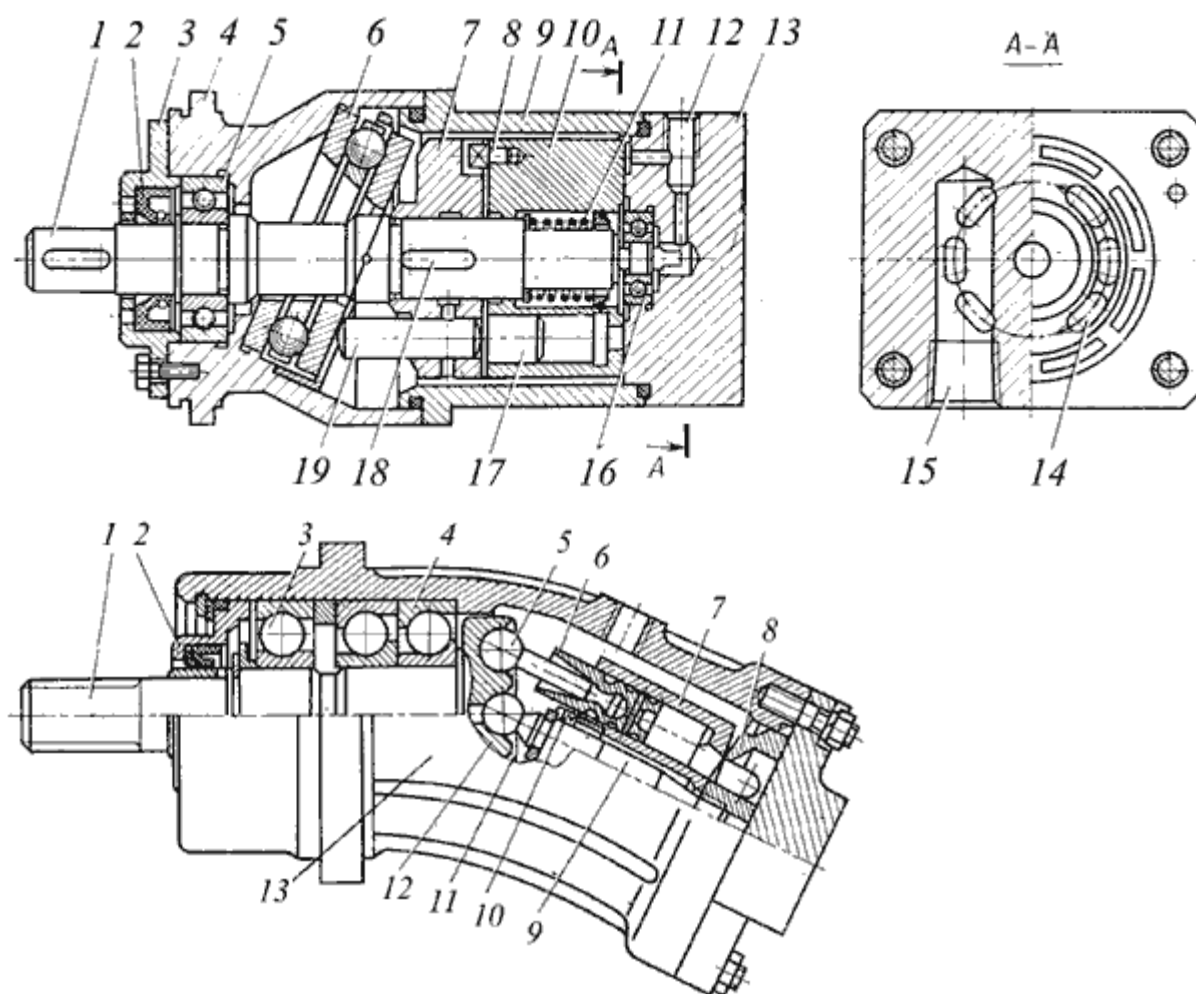


Рисунок 15.1 – Аксіально-поршневі гідромотори типу Г15-2

ТЕМА 16. МЕТАЛООБРОБНІ ВЕРСТАТИ ТА МЕХАНІКА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ МЕТАЛУ

16.1 Класифікація металообробних верстатів

Основними методами механічної обробки є:

- Точіння;
- Свердлення;
- Фрезерування;
- Стругання;
- Шліфування;
- Полірування;
- Інші

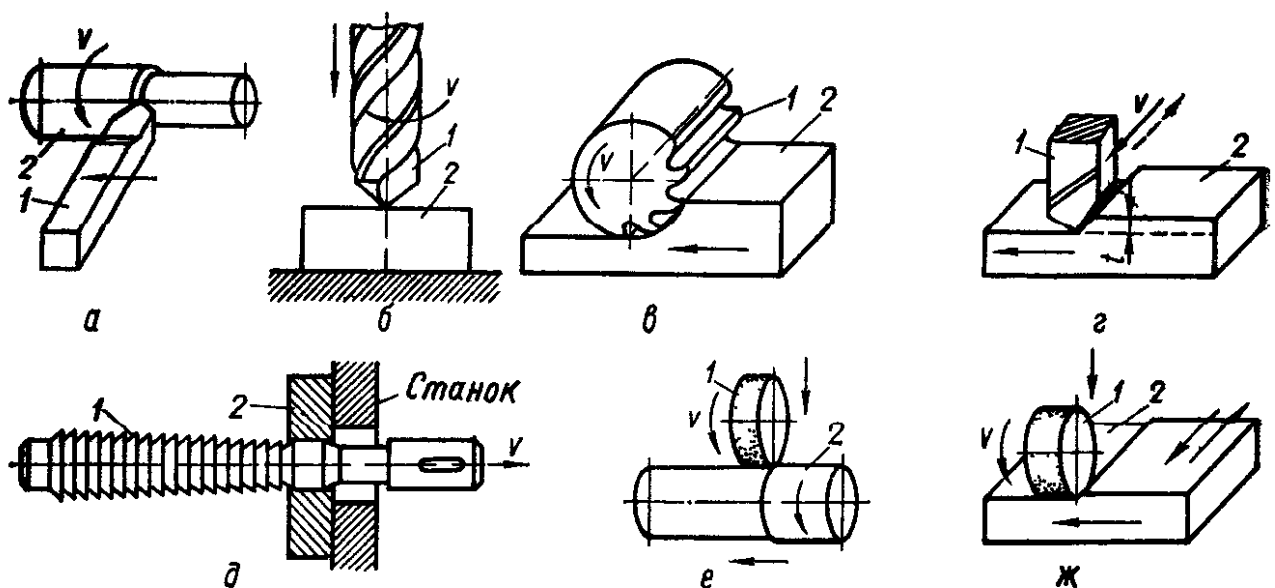


Рис. 2. Схеми основних методів обробки резанням

За видами технологічних операцій виділяють 9 груп верстатів:

1. токарна;
2. свердлильні та розточні;
3. шліфувальні, полірувальні, доводочні, заточні;
4. комбіновані та фізико-хімічної обробки;
5. зубонарізні та різьбообробні;
6. фрезерні;
7. стругальні, довбальні, протяжні;
8. розрізні;
9. різні (не можна віднести до вищенаведених груп)

За старою класифікацією кожна група може включати до 9-ти типів верстатів, які позначають цифрами від 0 до 8. Наприклад, для токарних верстатів виділяють такі типи: 0 – спеціалізовані (автомати для виготовлення певних деталей); 1 – одношпіндельні; 2 – багатшпіндельні; 3 – револьверні; 4 – свердлильно-відрізні; 5 – карусельні; 6 – токарні та лобові; 7 – багаторізцеві; 8 – спеціальні (різні).

Кожен тип верстатів може мати декілька типорозмірів. Наприклад, типорозміри токарних верстатів позначають за найбільшим діаметром заготовки, який може бути розміщений на верстаті. Свердлильні верстати позначають за найбільшим діаметром свердла; фрезерні - за розмірами робочого столу. Типорозміри позначають порядковим номером в номенклатурі заводу виробника. Тому умовне позначення верстатів складається як мінімум з трьох цифр.

Наприклад, позначення верстату 1 К 62 означає:

- 1 – група токарних верстатів;
- 2 – базова модель заводу "Красний пролетарій";
- 3 – тип верстату – токарний;
- 4 – типорозмір, що відповідає найбільшій відстані над станиною 400 мм, найбільшому діаметру точіння – 290 мм, і т. д.

За точністю обробки деталей верстати класифікують за групами:

- нормальної (звичайної) – Н;
- підвищеної – П;
- високої – В;
- особливо високої – А;
- прецезійні – С.

За мірою спеціалізації відрізняють універсальні та спеціалізовані, які виготовляють серійно. Крім цього, за окремими замовленнями можуть виготовлятися унікальні верстати, які позначають за порядковими номерами.

16.2 Головні та допоміжні рухи верстатів

Для обробки різанням (точіння, свердлення, фрезерування та ін.) заготовка и ріжучий інструмент повинні здійснювати певні переміщення. Такі переміщення, називають рухами і розділяють на робочі, або рух, що забезпечує різання, установочні (налаштування) та допоміжні.

Робочі рухи призначені для формування і зняття стружки, а установочные и допоміжні — для підготовки к цьому процесу.

Установочні рухи — переміщення робочих органів верстату для забезпечення потрібного положення інструменту по відношенню до заготовки, що дозволяє формувати стружку.

Допоміжні — рухи робочих органів верстату, які не мають прямого відношення до різання. Наприклад, швидке переміщення робочих органів, перемикання швидкостей різання або подач та ін..

Робочі рухи розділяють на головний рух та рух подачі. Головний рух забезпечує формування стружки (різання), а рух подачі дає можливість переміщувати інструмент на необроблені ділянки заготовки. Наприклад, при свердленні обертання свердла є головним рухом, а осьове переміщення свердла є рухом подачі, що дозволяє розповсюдити процес на інші ділянки заготовки, тим самим просвердлити необхідний отвір.

В металообробних верстатах головним рухом, у більшості випадків, є обертальний рух. Наприклад, для токарних, свердлильних, фрезерних, шліфувальних. Для стругальних довбальних та деяких відрізних верстатів головним рухом є зворотно поступальний рух інструменту. Головний рух може передаватись на заготовку (верстати токарної групи, плоско-шліфувальні) або на ріжучий інструмент (фрезерні, свердлильні, поперечно-стругальні верстати).

Для верстатів з головним обертальним рухом подача здійснюється неперервно, так само як і різання. Для верстатів з зворотно-поступальним рухом робочий хід чергується з холостим ходом, тому різання і подача дискретні.

16.3 Основні механізми зміни швидкостей

Механізми головного руху призначені для передачі порівняно великих крутних моментів, необхідних для формування стружки, тобто для здійснення процесу різання металу. Найбільш поширеними механізмами головного руху є:

- з рухомим блоками зубчастих коліс;
- з муфтами перемикання;
- з парно-змінними колесами;
- безступеневої зміни швидкості обертання – варіатори або гідромотори.

Механізми зміни швидкостей для допоміжних рухів, зокрема для механізмів подачі, передають значно менші крутні моменти у порівнянні з механізмами головного руху, тому для них застосовують наступні механізми:

- з висувною шпонкою;
- механізми Нортонів;
- механізм меандр та інші.

16.4 Компоновка та конструктивні особливості основних типів металообробних верстатів

Основні частини токарно-гвинторізного верстата (рис. 9) наступні: станина 1, передня 6 і задня 11 бабки, коробка подач 3, супорт 8. Станина призначена для закріплення на ній нерухомих і переміщення рухомих частин верстата. Вона виконана у вигляді балки коробчатої форми. На верхній (лицьовій) її частині є направляючі - найбільш відповідальна частина станини, по яких переміщуються супорт і задня бабка. На лівій стороні станини закріплені передня бабка і коробка подач.

Передня бабка передає заготівлі обертальний рух. У передній бабці 26 розміщені головний вал - шпиндель, що обертає заготівку, і коробка швидкостей, від якої шпиндель отримує рух з необхідною частотою обертання. Шпиндель має наскрізний отвір, крізь який можна пропускати пруткову заготовку. Отвір в передній частині шпинделя конічний - для установки переднього центру, який підтримує лівий кінець заготовки.

Коробка швидкостей дає до 22 різних варіантів частот обертання шпинделя в межах 12,5-1600 об / хв. Потрібне положення рукояток 4, 5, що відповідає необхідній частоті обертання шпинделя, визначають за таблицею, укріпленої на передній стінці корпусу передньої бабки.

Задня бабка призначена для підтримки за допомогою центру правого кінця заготовки, а також для закріплення в конічному отворі пиноли свердла, зенкера або розгортки відповідно під час свердління, зенкування або розгортання отворів в заготовлі.

Коробка подач є складовою частиною механізму подач. З її допомогою швидко налаштовують верстат на потрібну величину поздовжньої або поперечної подачі або певний крок при нарізанні різьби. Механізм коробки подач отримує рух від шпинделя через гітару змінних зубчастих коліс і передає його ходового гвинта 12 або ходового валу 13, від яких через механізми фартуха воно передається супорта.

Супорт служить для закріплення в установленому на ньому резцедержателе інструментів і ручного або автоматичного їх переміщення щодо заготовлі.

Поздовжні санчата, а отже, і весь супорт можуть переміщуватися автоматично або вручну по напрямних станини. Поперечні санчата переміщуються по поперечним напрямних поздовжніх санчат при обертанні гвинта поперечної подачі. Різцеві санчата можна переміщати по напрямних тільки вручну. Поворотний круг разом з різцьовим санчатами можна повертати навколо вертикальної осі на будь-який кут в межах $\pm 90^\circ$ і закріплювати в цьому положенні, що буває необхідно при обробці конічних поверхонь.

Верстат забезпечений утримувачем центрального інструменту: свердел, зенкерів, розгорток та ін. Він встановлюється відповідним чином в резцедержателе, і поміщений в ньому інструмент може бути використаний при обробці отворів з механічним і ручний подачами.

До поздовжніх санчатах супорта прикріплений фартух 14, в якому розміщені механізми перетворення обертального руху ходового гвинта і ходового валу в поздовжнє переміщення супорта, а також обертального руху ходового гвинта в поперечне переміщення поперечних санчат.

Для забезпечення безпеки працюючого верстат забезпечений кожухом огороження патрона 7 і захисним відкидним екраном 10, що захищає від розлітається стружки.

Обертальний рух шпиндель отримує від електродвигуна з частотою обертання 1460 об / хв через клиноременну передачу 140/268 і коробку швидкостей, що забезпечує близько 24 частот обертання шпинделя. Чи включається, вимикається і змінюється напрямок обертання шпинделя двосторонньої фрикційної муфтою Мг.

Привід подач складається з ланки збільшення кроку, механізму реверсу, гітари змінних колії, коробки подач і механізму передач фартуха.

При точінні заготовки автоматична подача передається супорта через ходовий вал, а у разі нарізання нарізки - через ходовий гвинт. У другому випадку забезпечується більш рівномірний і точне переміщення супорта, а отже, і більш висока точність кроку нарізати різьблення.

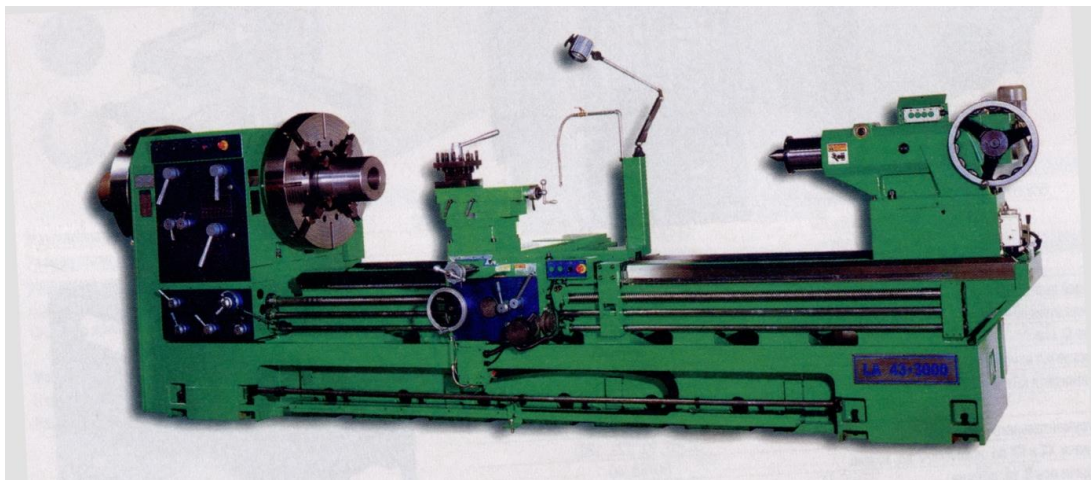
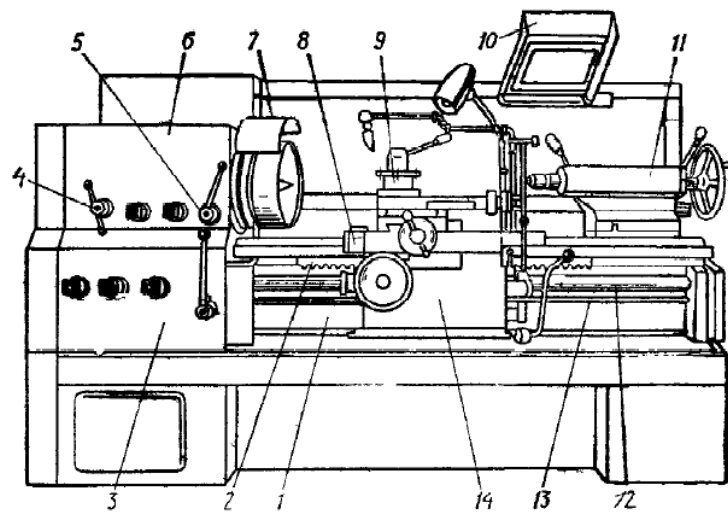


Рисунок 18.2 – Схема та загальний вид токарного верстату



<http://www.allstanko.ru/stgorfrez.php>



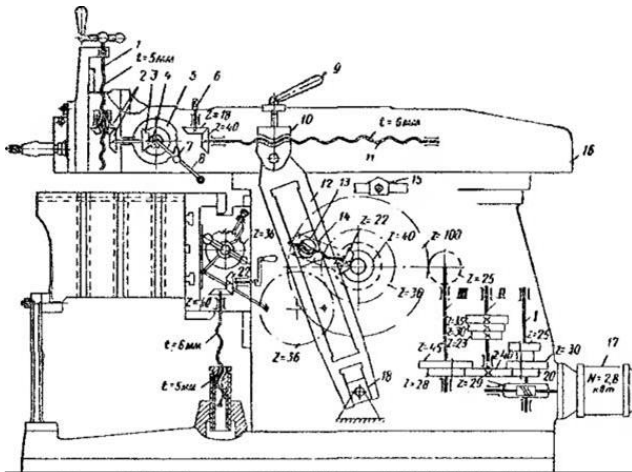
<http://stankiexpert.ru/stanki/frezernye/kak-vybrat-frezernyyj-stanok-po-metallu.html>

Рисунок 16.3 – Фрезерні верстати

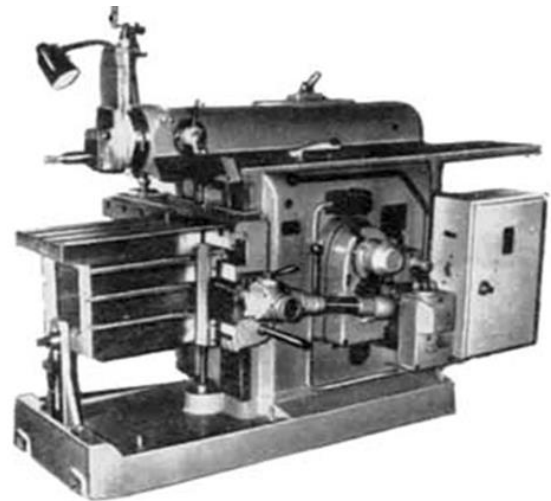


Рисунок 16.4 – Свердильный верстат

<http://stankiexpert.ru/stanki/sverlilnye/vybiraem-sverlilnyjj-stanok.html>

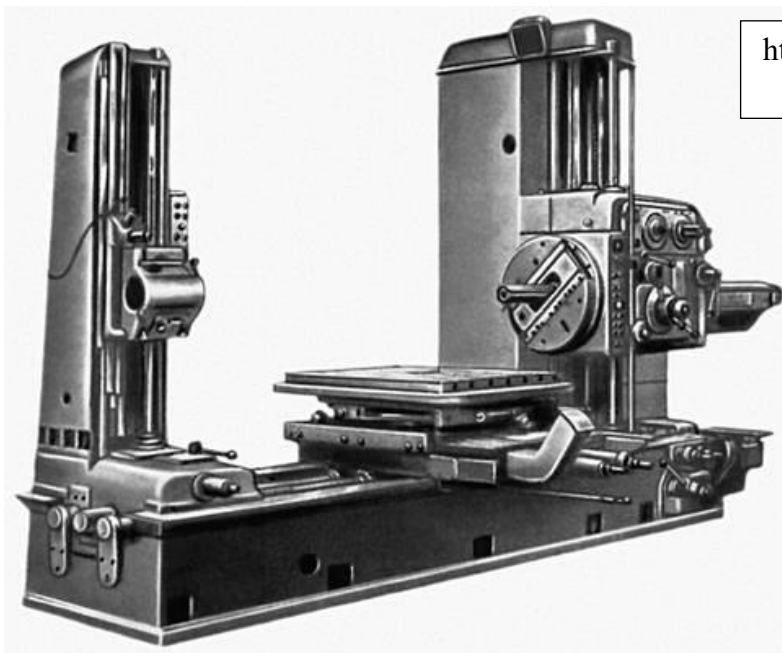


<http://www.metalcutting.ru/content/strognyy-stanok-736>



http://stanki-katalog.ru/sprav_7b35.htm

Рисунок 16.5 – Стругальный верстат



http://vseslova.com.ua/word/Розточувальний_верстат-88902u

Рисунок 16.6 – Розточувальний верстат

16.5 Процес стружкоутворення

Зрізання шару металу вперше було досліджено основоположником вчення про різанні металів І. А. Тіме, який розробив показану на рис. 6 схему цього процесу. Різець під дією сили P вдавлюється в оброблюваний матеріал, стискаючи розташований перед ним шар (рис. 6, а), внаслідок чого в зрізали шарі утворюються значні напруги, що викликають пружні і пластичні деформації.

У момент, коли виникають напруги перевершують міцність оброблюваного матеріалу, відбувається зрушення (сколювання) елемента стружки по площині АВ (рис. 6, б), яка була названа площиною зсуву. З обробленої поверхнею вона утворює кут β_1 , званий кутом зсуву, що не залежить від геометричних параметрів різального інструменту і властивостей оброблюваного матеріалу і рівний зазвичай $\sim 30^\circ$.

Переміщаючись далі, різець передньою поверхнею послідовно стискає і зрушує наступний обсяг зрізаного шару, що призводить до утворення елементів стружки 1, 2, ..., 9 і т. Д. (Рис. 6, в), які також будуть відокремлені під кутом β_1 від основного металу. З таких окремих елементів утворюється стружка (рис. 6, г).

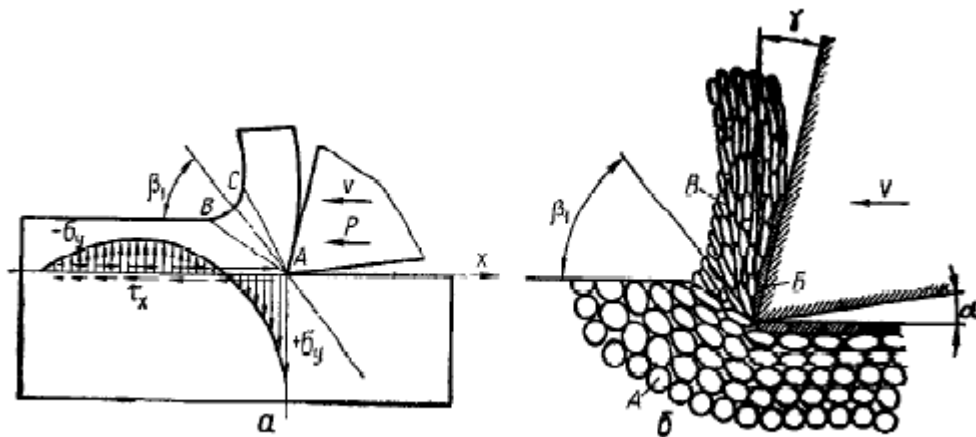


Рисунок 16.7

Досліджуючи різання різних металів, І. А. Тіме виявив, що в залежності від оброблюваного матеріалу, умов різання, геометричної форми ріжучої частини різця характер стружки змінюється. Він встановив три типи стружок, які назвав так: зливна, сколювання, надлому.

Зливна стружка (рис. 6, д) - суцільна стрічка, завивати в спіраль. Поверхня її, що ковзає по передній поверхні різця, чиста і гладка. Зі зворотного боку вона має невеликі пилковидні щербини. Зливна стружка утворюється при обробці пластичних металів (м'якої сталі, латуні, алюмінію і ін.) з значними швидкостями ковзання і невеликими подачами інструментів з оптимальними передніми кутами.

Стружка сколювання (рис. 6, е) складається з окремих пов'язаних між собою елементів. Звернена до різця сторона її гладка, а протилежна - пилкоподібна. На ній добре видно окремі елементи. Стружка сколювання утворюється при обробці металів середньої твердості

з невисокими швидкостями різання і значними подачами різців, що мають невеликі передні кути.

Стружка надлому (рис. 6, ж) складається з окремих не зв'язаних або слабо зв'язаних між собою шматочків металу неправильної форми. Утворюється при обробці тендітних металів (чавуну, бронзи, деяких сплавів алюмінію). Оброблена поверхня має значні нерівності.

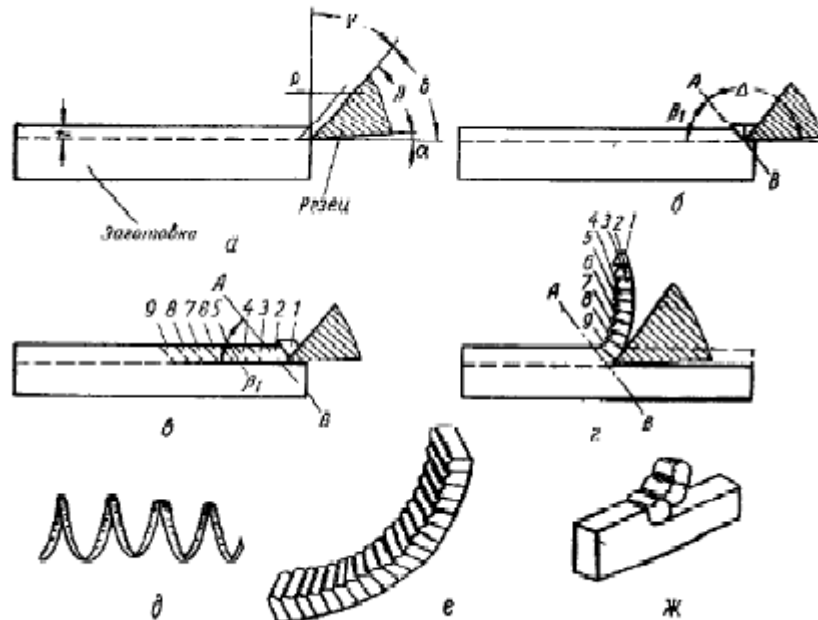


Рисунок 16.8

Змінюючи умови, що впливають на процес утворення стружки, можна при ророзробці одного і того ж матеріалу отримати різні типи стружок. У ряді випадків прагнуть замість зливний отримувати стружку надлому, яку зручно видаляти із зони різання і транспортувати. Для цього надають відповідну геометричну форму ріжучої частини різця або застосовують на ньому спеціальні стружколомательні пристрої.

Коли різець під дією сили P вдавлюється в метал в зрізали шарі виникають пружні деформації, що переходять при подальшому переміщенні різця в пластичні (рис. 7). Найбільшими тангенціальні напруження τ_x бувають у вершини різця A , зменшуючись до нуля в міру віддалення від неї. Нормальні напруження σ_y у вершини різця є розтягують ($+\sigma_y$) і у точки A мають найбільше значення. У певних умовах це викликає надрив металу в зоні різання. Віддаляючись від вершини, σ_y зменшується і, пройшовши через нуль, перетворюється в напруження стиснення ($-\sigma_y$).

Під дією нормальних і дотичних напружень, що зрізається шар пластично деформується. Максимальна пластична деформація відбувається в зоні стружкообраоовання ABC і наслідком її є зсувні деформації в зрізаємому шарі. Вони викликають ковзання окремих частин зерен по кристаллографіческим площинах і витягають зерна. Гуртками (A) позначимо недеформовані зерна оброблюваного металу. Зерна в зові різання деформуються різцем і приймають витягнуту форму (B). До моменту руйнування ці зерна тертям об передню

поверхню різця додатково деформуються, зерна витягуються ще більше (В). Отже, різання може бути представлено як процес послідовного пружного і пластичного деформування зрізаного шару металу, а потім його руйнування, в якому найважливішу роль при обробці пластичних матеріалів грає пластичне деформування.

При різанні металів поверхневий шар обробленої деталі пластично деформується на глибину від декількох сотих до цілого міліметра і більше в залежності від різних факторів. Пластичне деформування поверхневого шару змінює його структуру і властивості, викликаючи зміцнення або наклеп. наслідком його є підвищення твердості, міцності і зниження пластичності поверхневого шару. Твердість металу поблизу обробленої поверхні може в 2 - 3 рази перевищувати твердість вихідного металу. Зміцнення поверхневого шару деталі і стружки ки характеризують інтенсивність пластичної деформації при різанні. На ступінь зміцнення при різанні металів впливають ті ж фактори, що і на ступінь пластичного деформування, а саме: властивості оброблюваного матеріала, геометричні параметри робочої частини різального інструменту і його затуплення, режим різання, наявність мастильно-охолоджувальної рідини та ін. Чим пластичніше опрацьований матеріал, тим інтенсивніше він зміцнюється. Зміцнення поверхневого шару може підвищувати зносостійкість, усталостну міцність і інші експлуатаційні властивості обробленої деталі. Але це може виявитися шкідливим при її обробці. Зміцнення при чорновій обробці отрицательно впливає на різання при чистової обробки, коли зрізаються тонкі стружки, викликає швидке затуплення інструменту, збільшує шорсткість поверхні.

16.6 Геометрія ріжучого інструменту

Різець (рис. 3) складається з робочої частини або головки А і стрижня або тіла Б, призначеного для закріплення різця в різцетримачі. На робочій частині його, зрізаючого стружку, заточуванням утворюють такі поверхні: а) передню 4, по якій сходиться стружка; б) задні 1 і 6, звернені до оброблюваної заготовлі. Перетин передньої і задньої поверхонь утворюють ріжучі кромки різця. Ріжуча кромка 5, що виконує основну роботу різання, називають головною, а ріжучу кромку 3 - допоміжною.

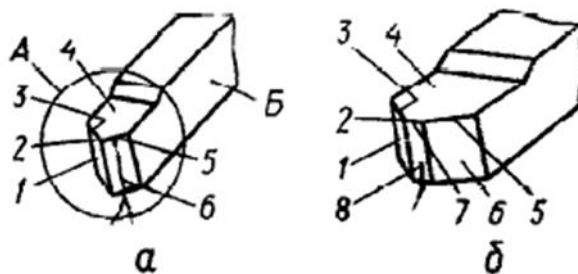


Рисунок 16.9 – Площини, поверхні та інші елементи різця

Сполучення головною і допоміжною різальних крайок утворює вершину різця 2. У деяких випадках різці можуть мати перехідну ріжучу кромку 7 (рис. 3, б) і припонується до неї перехідну задню поверхню 8.

Задню поверхню 6, що проходить через головну ріжучу кромку, називають головною задньою поверхнею, а поверхню 2, що проходить через допоміжну ріжучу кромку - допоміжною задньою поверхнею.

Поверхні на оброблюваній заготовці, координатні і січні площини.

При верстатній обробці заготовки на ній розрізняють такі поверхні (рис.19.4,а): оброблювану 2; оброблену 4; різання 3, що утворюється при різанні непосредственно ріжучою крайкою.

Для визначення кутів різця встановлено такі координатні і секущі площини: різання 1 і основна 5, головна і допоміжна січні площини (Рис.19.4, б).

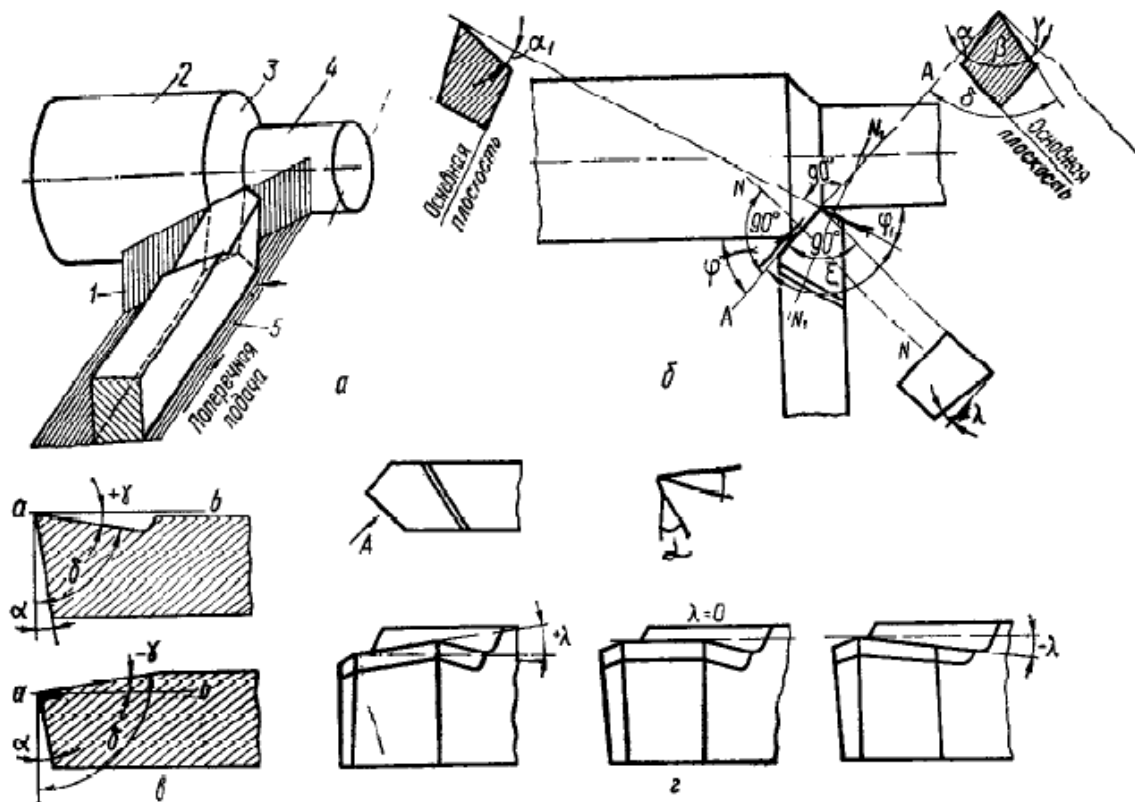


Рисунок 16.10

Площиною різання називають площину, дотичну до поверхні різання і проходить через головну ріжучу кромку різця. Основною площиною називають площину, паралельну напрямку продольної і поперечної подач. Головною січною площиною називають площину, перпендикулярну до проєкції головної різальної крайки на основну площину.

Допоміжною січною площиною називають площину, перпендикулярну до проєкції допоміжної різальної крайки на основну площину.

Геометричні параметри ріжучої частини різця.

На рис. 19.4, б, де зображений вид різця зверху, показані сліди площини різання А-А, головній січній площині N-N, допоміжної січної площини N1 - N1 і перетину різця цими площинами. Кути різця, виміряні в головній секущій площині, називаються головними, а виміряні в допоміжній січній площині - допоміжними.

До головних кутів різця належать: головний задній кут, кут загострення, передній кут і кут різання.

Головний задній кут α - кут між головною задньою поверхнею різця і площиною різання.

Кут загострення β - кут між передньою і головною задньою площинами різця.

Передній кут γ - кут між передньою поверхнею різця і площиною, перпендикулярної до площини різання. Залежно від положення передньої поверхні ності різця передній кут може бути різним. Якщо слід передньої поверхні в головній січній площині лежить нижче лінії ab , перпендикулярної до площини різання (рис. 19.4, в), то передній кут вважається позитивним. Якщо слід передньої поверхні лежить вище лінії ab , яка в цьому випадку йде в тіло різця, то передній кут вважається негативним. Якщо ж слід передньої поверхні збігається з лінією ab , то $\gamma = 0$.

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

Кути в плані вимірюються в основній площині (рис. 19.4, б). Головний кут в плані j - кут між проекцією головної різальної крайки на основну площину і напрямком подачі.

Допоміжний кут в плані j_1 - кут між проекцією допоміжної ріжучої кромки на основну площину і напрямком, зворотним напрямку подачі.

Кутом нахилу головної різальної крайки I називають кут між головною ріжучою кромкою і лінією, проведеною через вершину різця паралельно основній площині (рис. 19.4, г). Він вимірюється в площині, що проходить через головну ріжучу кромку перпендикулярно до основної площини. Кут I вважають позитивним, якщо вершина різця є найнижчою точкою головної різальної крайки, і негативним, якщо вершина різця займає найбільш високе положення на ріжучій кромці, і рівним нулю, якщо головна ріжуча кромка паралельна основній площині.

Від кута I залежить напрямок відводу стружки.

Вплив кутів різця на різання

Кути ріжучої частини різця, визначають його геометричну форму, сильно впливають на різання. Головний задній кут α призначений для зменшення тертя задньої поверхні ності різця об поверхню різання. Але надмірне збільшення заднього кута може привести до зниження міцності найбільш навантаженою частини різця і швидкому його руйнуванню. У практиці кут α зазвичай вибирають в межах $6-12^\circ$.

Передній кут γ грає важливу роль при різанні і в значній мірі визначає стійкість різця. З його збільшенням полегшується врізання різця в оброблюваний матеріал, зменшуються деформація зрізаного шару, сили різання і затрата потужності. Але збільшення переднього кута (зменшення кута різання δ) зменшує кут загострення β і, отже, послаблює ріжучу частину різця, погіршує відвод тепла. При обробці твердих і крихких матеріалів застосовують різці з невеликих шими і навіть негативними передніми кутами, а обробляючи м'які і

пластичні матеріали - різці з великими передніми кутами. У практиці найчастіше використовують різці з передніми кутами від -10 до $+200$.

Головний кут в плані γ істотно впливає на стійкість різця і шорсткість обробленої поверхні. Зі зменшенням в певних межах кута γ стійкість різця зростає, шорсткість обробленої поверхні зменшується. Найчастіше всього його вибирають в межах $30-90^\circ$.

16.7 Сила та потужність різання

Зрізуючи стружку, різець долає опір оброблюваного матеріалу різанню, сили тертя стружки об передню поверхню різця і задню його поверхню по оброблюваній заготовці. Рівнодіючу сил, що діють на різець, називають рівнодіюча силою різання R . На практиці зазвичай використовують її складові P_x , P_y , P_z , отримані розкладанням сили R за трьома взаємно перпендикулярно осях (рис. 8).

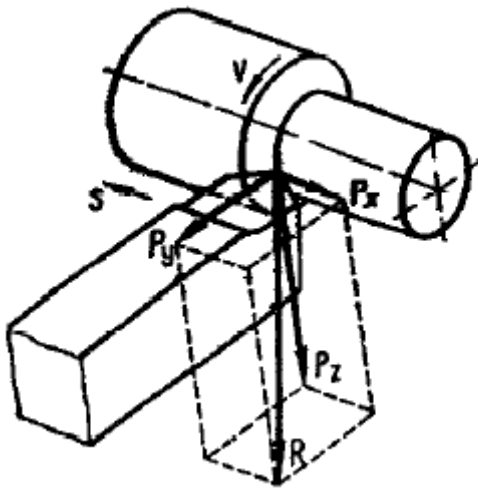


Рис. 16.11 Схема сил резания при точении

Сила P_z , діюча в площині різання в напрямку головного руху, називається дотичній або вертикальної складової сили різання.

Сила P_y діє перпендикулярно до осі оброблюваної заготовки, називається радіаль-ної складової сили різання.

Сила P_x , діє вздовж осі заготовки паралельно напрямку поздовжньої подачі, називається осьової складової сили різання або силою подачі.

Сила P_y прагне відштовхнути різець від заготовки і деформувати її. Це зменшує точність обробки, може змінити форму деталі. Величину сили P_y потрібно знати для розрахунку на міцність станини і супорта, а силу P_x - для розрахунку механізму подачі верстату.

16.8 Матеріали ріжучого інструменту

До матеріалів, з яких виготовляється ріжуча частина інструмента, пред'являються дуже високі вимоги. Вони повинні володіти такими властивостями: твердістю, що перевищує твердість оброблюваного матеріалу; високу зносостійкість; високу теплостійкість; значною механічною

міцністю і достатньою в'язкістю. Основними інструментальними матеріалами є: вуглецеві інструментальні сталі; леговані інструментальні сталі; тверді сплави; мінералокерамічні матеріали.

1. Вуглецеві інструментальні сталі, використовувані для виготовлення ріжучих інструментів, містять 0,9-1,3% С (У10, У11, У13). Збільшення його вмісту в сталі підвищує її твердість і крихкість. Так як ця сталь має низьку теплостійкість і втрачає твердість при нагріванні до 200-250 ° С, то її застосування обмежене. З вуглецевої сталі виготовляють інструменти, що працюють зі швидкостями різання, що не перевищують 15-18 м / хв: мітчики, плашки, ручні розгортки, напилки, шабери, ножівкові полотна та ін.

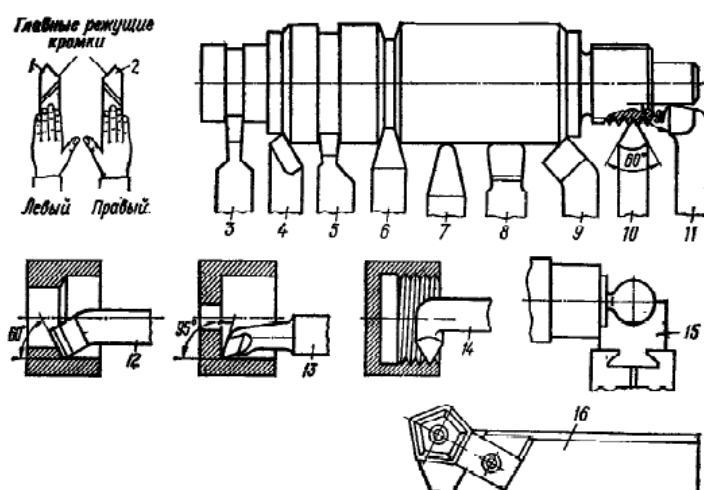


Рисунок 16.12

2. Леговані інструментальні сталі. Введення в інструментальну сталь легуючих добавок: Сг, V, Мо, W та ін. Підвищує її міцність, прокаліваємость, в'язкість, стійкість проти зносу, теплостійкість. Виготовлені з легованих сталей інструменти мають більш високими ріжучими властивостями, менш схильні до деформацій і появи тріщин при загартуванні. Але в зв'язку з тим що теплостійкість легованих інструментальних сталей зазвичай не перевищує 300 ° С, виготовлені з них інструменти можна використовувати лише для роботи при помірних швидкостях різання (15-25 м / хв). З них виготовляють свердла, розгортки, мітчики, плашки, протягання і ін.

3. Швидкоріжучі сталі - леговані інструментальні сталі, що містять значну кількість вольфраму (8,5-19%), хрому - Х (3,8-4,4%), молібден - М, ванадій - Ф, кобальт - К. Її ріжучі здатності зберігаються до температури 600-650 ° С, т. е. вона має красностойкістю (збереженням твердості при нагріванні до темно-червоного розжарювання). Тому інструменти, виготовлені з цих сталей, мають значно більш високими ріжучими властивостями. Вони можуть працювати зі швидкостями різання в 3-4 рази більшими, ніж інструменти з вуглецевих сталей.

З вольфрамових швидкорізальних сталей Р9 виготовляють інструменти порівняно простої форми: різці, зенкери, фрези. При виготовленні складних інструментів, які повинні

володіти більш високою стійкістю (фасонні різці, зубообробні інструменти та ін.), Використовують сталь P18.

Для виготовлення інструментів, що працюють в більш важких умовах (переривчасте різання, вібрації, обробка важко оброблюваних нержавіючих і жароміцних сталей), застосовують кобальтові швидкорізальні сталі (P9K5, P9K10, P18K5Ф2).

Для інструментів, які використовуються при чистовій обробки (протягання, розгорнення, шевери), використовують ванадієві (P9Ф5, P14Ф4), а для інструментів для чорнової обробки - вольфрамо-молібденові швидкорізальної сталі (P9М4, P6М3).

Для економії дорогих швидкорізальних сталей ріжучий інструмент роблять складовим. Ріжуча частина виконується з швидкорізальної сталі, а тіло або хвостовик - з конструкційної вуглецевої або мало легованої.

4. Металокерамічні тверді сплави. Ріжучу частину високопродуктивних ріжучих інструментів оснащують металокерамическими твердими сплавами. Їх висока твердість, зносостійкість, міцність, теплостійкість, що досягає 900-1000 ° С, дозволяють виробляти твердосплавними інструментами високопродуктивну обробку різних металевих і неметалевих матеріалів. Ці інструменти допускають обробку зі швидкостями різання, що досягають 800 м / хв.

Металокерамічні тверді сплави виготовляють з дрібнозернистих вихідних порошків. Для отримання тих чи інших марок сплавів використовують порошки дуже твердих і тугоплавких карбідів вольфраму (WC), титану (TC), танталу (TaC), змішаних в різних пропорціях з порошком кобальту, який служить зв'язкою. З отриманої суміші пресують стандартизовані пластинки, потім спекають їх при температурі 1500-1900 ° С. Їх припаюють до державки або корпусів інструментів або закріплюють на них механічним способом.

Випускаються тверді сплави поділяють на три групи: вольфрамові (ВК), титановольфрамові (ТК) і титанотанталовольфрамові (ТТК). Сплави групи ВК складаються з зерен карбіду вольфраму, зцементованих кобальтом (ВК2, ВК3, ВК4 і ін.). Цифра після букви К позначає процентний вміст кобальту, решта - карбід вольфраму. У зв'язку з тим що властивості сплавів визначаються не тільки складом, але і величиною зерен порошку, з якого він виготовлений, випускаються сплави, у яких розмір зерен строго регламентований. Для крупнозернистих твердих сплавів з величиною зерен вихідного порошку 3-5 мкм до позначення марки додається буква В, наприклад ВК6В, а у дрібнозернистих з величиною зерен 0,5-1,5 мкм - буква М (наприклад, ВК6М).

Сплави групи ТК складаються з карбідів вольфраму і титану, зцементованих кобальтом (Т5К10, Т5К12В, Т14К8, Т15К6, Т30К4 та ін.). Цифра після букви Т позначає процентний вміст карбіду титану, а після К - процентний вміст кобальту, решта - карбід вольфраму.

У сплавах групи ТТК (ТТ7К12, ТТ7К15) цифра після другої літери Т позначає процентний вміст карбідів титану і танталу в сумі, після К - вміст кобальту, решта - карбід вольфраму.

Зі збільшенням вмісту кобальту в сплаві міцність і в'язкість його підвищуються, а твердість і зносостійкість знижуються. Тому сплави з великим вмістом кобальту застосовують для інструментів, що працюють у важких умовах, при великих і нерівномірних навантаженнях. Сплави з малим вмістом кобальту використовують для інструментів, що

працюють при порівняно невеликій і рівномірне навантаження, але з високою швидкістю різання.

З сплавів групи ВК виготовляють інструменти, призначені для обробки чавуну, кольорових сплавів, пластмас, а із сплавів групи ТК - для обробки сталей та інших в'язких матеріалів.

5. Мінералокерамічні матеріали. Основою їх є оксид алюмінію Al_2O_3 . З порошку пресуванням з наступним спіканням виготовляють пластинки потрібних розмірів і форми, які потім закріплюють на державках ріжучого інструменту.

Основною перевагою мінералокераміки є висока теплостійкість ($1200^{\circ}C$), що дає можливість обробляти матеріали зі значно більшими швидкостями, ніж при користуванні інструментів з твердих сплавів. У той же час для мінералокераміки характерні висока крихкість і малий опір згинаючих навантажень, що істотно обмежує можливості її використання. Мінералокераміки використовують для інструментів працюють при чистовій обробки без ударів.

ТЕМА 17. ОСОБЛИВОСТІ ОКРЕМИХ ВИДІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

17.1 Свердлення

Основні роботи, що виконуються на свердильних верстатах.

На свердильних верстатах виконують такі види роботи:

- 1 свердління (рис. 20.1, а) - один з найпоширеніших способів обробки отворів в суцільному матеріалі за допомогою свердел;
- 2 - розсвердлювання (рис. 20.1, б) - процес збільшення свердлом наявних отворів;
- 3 - зенкерование (рис. 20.1, в) - обробка циліндричних литих, штампованих або попередньо просвердлених отворів зенкером для додання їм правильної геометричної форми, необхідних розмірів і шорсткості поверхні;
- 4 - розточування отворів різцями (рис. 20.1, г, д) здійснюють тоді, коли координати осей отворів повинні бути точно розташовані;
- 5 - розгортання (рис. 20.1, е) - точна обробка отворів для отримання точних розмірів і малої шорсткості поверхні;
- 6 - зенкування (рис. 20.1, ж) - освіту циліндричних або конічних заглиблень в попередньо просвердлених отворах під головки болтів, гвинтів або інших деталей за допомогою циліндричних і конічних зенкерів (зенковок);
- 7 - цекування (рис. 20.1, з, і) - обробка торцевих поверхонь під гайки, шайби і кільця ножами (пластинами) або торцевими зенкерами;
- 8 - нарізування різьби в отворах мітчиками (рис. 20.1, к).

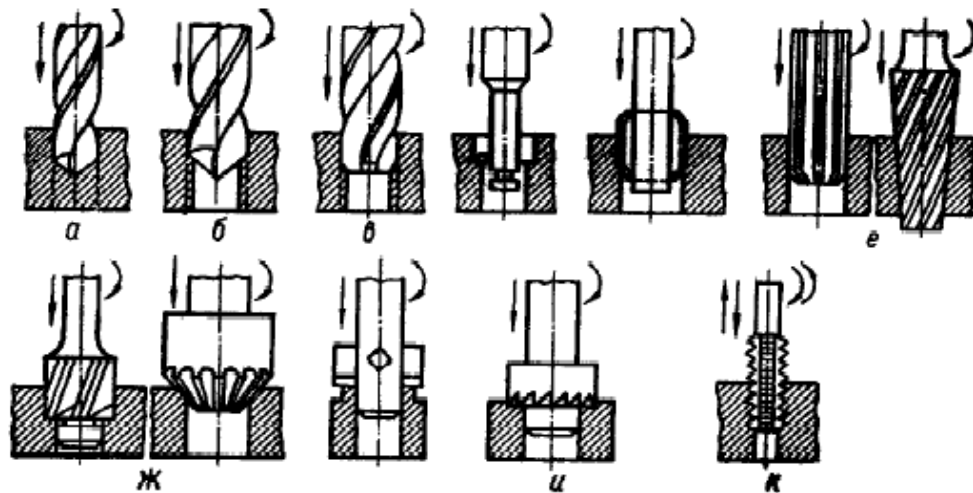


Рисунок 17.1 – Види робіт при виготовленні отворів

При роботі на свердильних верстатах різальний інструмент, обертаючись навколо своєї осі, здійснює головний рух, а переміщення його уздовж осі є рухом подачі. Така схема свердління отворів найбільш поширена, але при такій схемі вісь отвору може відхилитися в сторону. Це відхилення зростає зі збільшенням глибини отвору. Тому під час свердління глибоких отворів використовують верстати для глибокого свердління, в яких обертальний

рух надають заготіці (головний рух), а поступальний - свердла (рух подачі). При цьому відхилення осі отвору значно зменшується.

Свердла

Розрізняють такі основні типи свердел:

1 - перові (рис. 20.2, а), що представляють собою стрижень або закріплену в оправці пластинку з ріжучими крайками, заточеними під кутом $2\varphi = 80-150^\circ$. Застосовують їх порівняно рідко - переважно під час свердління отворів в твердих поковках і виливок, обробці східчастих отворів;

2 - спіральні (рис. 20.2, б), які широко використовують при роботі на сверлильних, токарних, револьверних та інших металорізальних верстатах;

3 - свердла для глибокого свердління однолезвійні (рис. 20.2, в) і дво-лезвійні (рис. 20.2, г), що використовуються під час свердління отворів, глибина яких перевищує діаметр в 5 і більше разів;

4 - центрові (рис. 20.2, д), призначені для утворення центрових гнізд в заготовках, оброблюваних на верстатах в центрах;

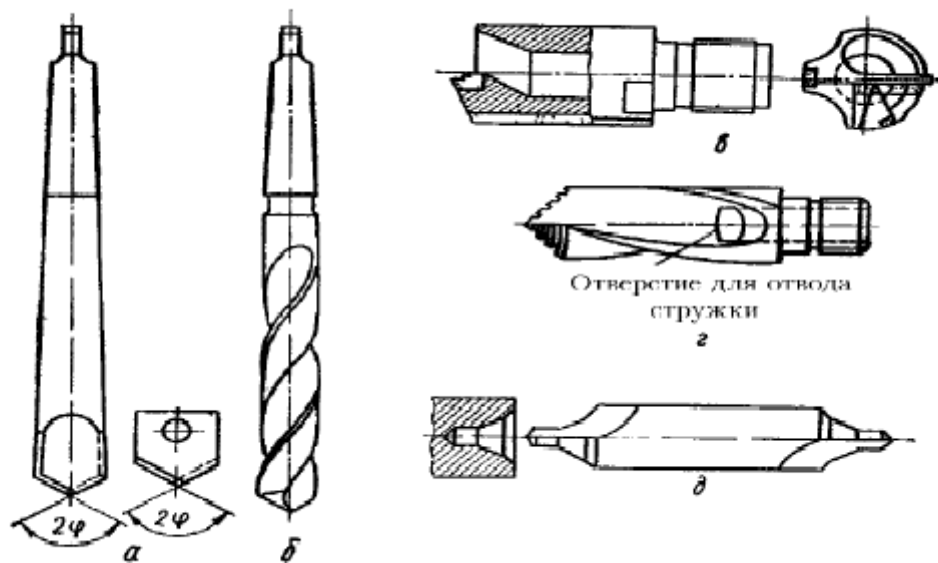


Рисунок 17.2 - Види сверدل

Зенкери

Залежно від призначення розрізняють такі основні типи зенкерів:

1 - спіральні (рис. 16, а, б), призначені для обробки наскрізних циліндричних отворів;
2 - циліндричні з направляючою цапфою (рис. 16, в), призначені для обробки торців, прилеглих до отворів, або отворів під циліндричні головки гвинтів;

3 - конічні зенковки (рис. 16, г), застосовні для отримання конічних заглиблень під головки гвинтів, центрових гнізд, зняття фасок і ін.

Виготовляють зенкери цільними зі швидкорізальної сталі, знапаяними пластинами твердих сплавів і збірними з вставними ножами.

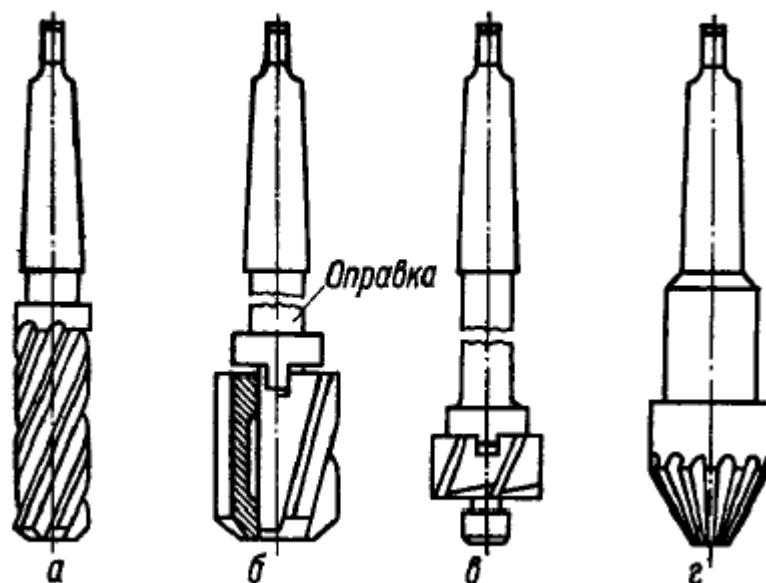


Рисунок 17.3 - Типи зенкерів

Розвертки (розгортки)

Розгортки призначені для отримання точних і чистих отворів і застосовуються після попередньої обробки отворів свердлом, зенкером або розточним різцем. Залежно від способу застосування розгортки поділяють на ручні і машинні. Машинні розгортки використовують при розгортанні отворів на свердлильних, токарних, револьверних та інших верстатах.

За конструктивними особливостями розгортки, як і зенкери, поділяються на хвостові і насадні, цільні і з вставними ножами. За формою оброблюваного отвору розрізняють розгортки циліндричні, конічні і ступінчасті. Поряд з розгортками зі швидкорізальної сталі широко застосовують розгортки, оснащені твердими сплавами. За допомогою розгортки отримують отвори 7-10-го квалітетів.

Свердлильні верстати

Основні типи свердлильних верстатів наступні:

1. Вертикально-свердлильні - найбільш поширені верстати цієї групи, що застосовуються в одиничному і серійному виробництвах для обробки отворів в заготовках масою до 25 кг. Основний їх характеристикою є найбільший діаметр отвору, який можна свердлити на них в сталі середньої твердості. Випускають верстати з умовним діаметром свердління 6, 12, 18, 25, 35, 50 і 75 мм.
2. Радіально-свердлильні, призначені для обробки отворів у великих і важких деталях. Осі інструмента й оброблюваного отвору поєднуються при переміщенні шпинделя верстата відносно нерухомої заготовки.
3. Багатшпиндельні свердлильні верстати, що мають кілька шпинделів, взаємне розташування яких може бути постійним або змінюватися в залежності від оброблюваної деталі, які використовують в масовому і великосерійному виробництвах.
4. Горизонтально-свердлильні, що застосовуються для свердління глибоких отворів, в яких обертається заготовка, а свердла повідомляється поздовжня подача.
5. Центрувально, призначені для утворення центровочних гнізд.

6. Агрегатні - найбільш поширені в великосерійному і масовому виробництвах.

Загальний вигляд вертикально-свердлильного верстата представлений на рис. 20.4. Він складається з фундаментної плити 1, станини 2, коробки швидкостей 6, коробки подач 5, розташованої в кронштейні 4 і столу 3, на якому встановлюють заготовку.

Радіально-свердлильний верстат (рис. 20.4) призначений для обробки отворів у великих заготовках в одиничному і серійному виробництвах. На фундаментній плиті 1 нерухомо встановлена колона 2, на якій вміщено і може обертатися поворотна гільза 3.

Траверса 4, встановлена на гільзі 3, може переміщатися по ній вздовж осі за допомогою механізму 5 і закріплюватися на певній висоті. На траверсі є направляючі, уздовж яких може переміщатися і разом з нею повертатися навколо вертикальної осі шпиндельна головка 6 з коробкою швидкостей 7, шпинделем 9 і коробкою подач 8.

Отвори, довжина яких перевищує п'ять діаметрів, свердлять на горизонтально-свердлильних верстатах для глибокого свердління свердлами спеціальної конструкції. Схема свердління отвору на такому верстаті однолезвійним свердлом показана на рис. 20. Закріплена в патроні 1 і підтримувана люнетом 3 заготовка 2 здійснює обертальний рух. Трубчасте стебло 5, в якому закріплено свердло 9, встановлений в супорті верстата, і при поздовжньому переміщенні останнього свердла повідомляється рух подачі. З резервуара 8 насосом по трубопроводу 2 через приймач 4 мастильно-охолоджуюча рідина під великим тиском подається до ріжучого лезу свердла.

Утвориться стружка вимивається мастильно-охолоджувальною рідиною і разом з нею відводиться крізь внутрішній канал свердла в стружкосборники 7. Тут стружка затримується і періодично видаляється.

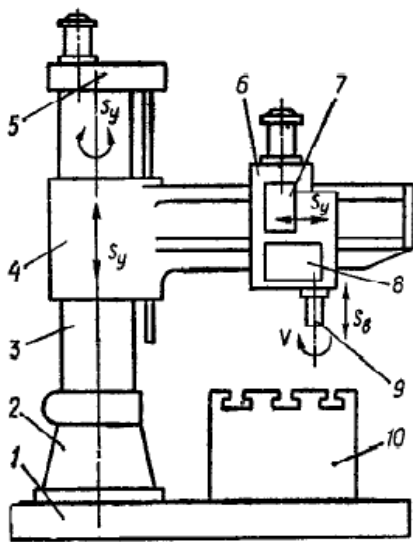


Рисунок 17.4 – Схема радіально-свердлильного верстату

17.2 Фрезерування

Фрезерування - процес обробки різанням, при якому ріжучий інструмент - фреза - робить головну обертальний рух, а оброблювана заготовка - поступальний або обертальний рух подачі. Фреза є тілом обертання, на поверхні якого розміщені ріжучі зуби. Фрезерування

є одним з найбільш продуктивних і поширених методів обробки різанням. На рис. 23 показані схеми обробки площин циліндричної (а) і торцевої (б) фрезами.

Основні типи фрез та їх призначення

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

За формою задньої поверхні розрізняють фрези з гостро заточеним і затилованим зубом.

За конструктивними ознаками фрези поділяються на цілісні і з вставними зубами (ножами). Цілісні фрези виготовляють переважно зі швидкорізальної сталі. У фрез з вставними зубами зуби виготовляють зі швидкорізальної сталі або оснащують пластинками з твердих сплавів, а корпус виконують з конструкційної сталі. Залежно від способу кріплення фрез на верстаті розрізняють фрези насадні, що мають отвір і закріплюються на оправці, і фрези кінцеві з конічним або циліндричним хвостовиком.

Циліндричні фрези мають зуби тільки на циліндричній поверхні і застосовуються для обробки площин. Суцільні фрези з гвинтовими зубами (рис. 20.5, а) виготовляють як з великим, так і з дрібним зубом. Перші призначаються для чорнового фрезерування, другі - для чистового. Великі циліндричні фрези виготовляють зі вставними зубами (ножами) зі швидкорізальної сталі (рис. 20.5, б). Для фрезерування широких площин застосовують комплекти з декількох таких фрез з різноспрямованими гвинтовими зубами (рис. 20.5, в) для зменшення виникають при фрезеруванні осьових зусиль.

Торцеві фрези, що мають зуби на торці і на бічній поверхні, застосовують для обробки площин. Їх виготовляють цільними (рис. 20.5, г) і зі вставними зубами (рис. 20.5, д).

Кінцеві фрези (рис. 20.5, е) застосовують для обробки пазів, площин, фасонних поверхонь. Зазвичай їх виготовляють звареними: ріже частина робиться з швидкорізальної сталі, хвостовик - з вуглецевої. Ріжучу частину цих фрез виготовляють також знапаяними пластинками твердих сплавів, а у фрез невеликого діаметра - з монолітними твердосплавними коронками.

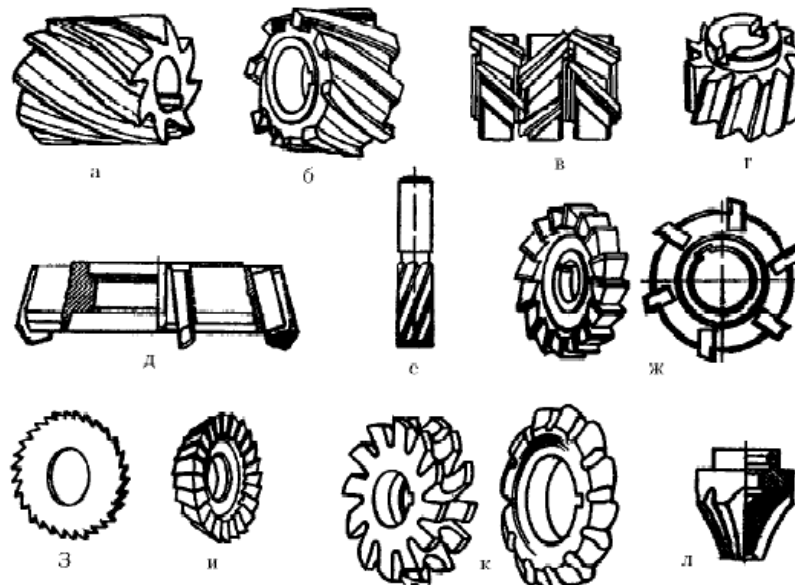


Рис. 17.5 Основні типи фрез

Дискові фрези (рис. 20.5, ж) застосовують при фрезеруванні прямолінійних пазів, канавок і площин. Виготовляють їх цілісними з швидкорізальної сталі і зі вставними ножами зі швидкорізальної сталі або оснащеними твердими сплавами.

Відрізні і шліцьові фрези (рис. 20.5, і) - дискові фрези малої товщини, призначені для розрізання матеріалів і прорізання вузьких канавок, наприклад в голівках гвинтів.

Кутові фрези (рис. 20.5, к) з зубами, розташованими на конічній поверхні, застосовують для прорізання канавок кутового профілю. Вони широко використовуються при виготовленні фрез, зенкерів, розгортків і ін.

Фасонні фрези (рис. 20.5, л) застосовують для обробки деталей складного, частіше криволінійного, профілю. Контур ріжучої кромки зуба повинен відповідати профілю обробленої поверхні. До фасонним фрез належать напівкруглі, опуклі і увігнуті фрези, фрези для обробки різних інструментів (мітчиків, свердел, зенкерів і ін.). Виготовляють їх зазвичай зі швидкорізальної сталі.

Фрезерні верстати

Після верстатів токарної групи фрезерні є найбільш поширеними металорізальними верстатами.

Існує такі типи фрезерних верстатів: 1 - консольно-фрезерні; 2 - поздовжньо-фрезерні; 3 - фрезерні верстати безперервної дії; 4 - шпоночно-фрезерні; 5 - різбофрезерні; 6 - копіювально-фрезерні; 7-спеціальні та ін. Розглянемо основні з них.

Консольно-фрезерні верстати названі так через те, що стіл їх розміщений на консольній балки (консолі), яка може переміщатися по вертикальних напрямних станини. На цих верстатах можна виконувати різноманітні фрезерні роботи, і вони є найбільш поширеними фрезерними верстатами.

Консольно-фрезерні верстати поділяють на горизонтально-фрезерні, універсально-фрезерні, вертикально-фрезерні, широкоуніверсальні.

Горизонтально-фрезерний верстат складається з таких основних частин:

станини з фундаментної плити 1, консолі 7, поперечних санчат 6 зі столом, хобота 3, підвісок (однієї або двох) 5. У середині станини розмішена коробка швидкостей 2, а всередині консолі - коробка подач 8. Головним рухом служить обертання шпинделя.

По вертикальних напрямних станини може переміщатися консоль, здійснюючи вертикальну подачу, а по напрямних консолі - поперечні санчата, здійснюючи поперечну подачу. Заготівлю за допомогою будь-якого пристрою встановлюють на столі верстата, який, переміщаючись по напрямних поперечних санчат, здійснює поздовжню подачу. Підвіска з підшипником служить для підтримки кінця встановленої в шпинделі верстата довгою оправлення з фрезою. Залежно від довжини оправлення підвіска може переміщатися по напрямних, хобота.

Універсальний консольно-фрезерний верстат відрізняється від горизонтально-фрезерного тільки тим, що між поперечними санчатами і столом розташована поворотна частина, завдяки якій стіл може бути повернений в горизонтальній площині на кут $\pm 45^\circ$. Це дає можливість нарізати на такому верстаті зубчасті колеса з гвинтовими зубами, гвинтові зуби в Зенкера, розгортках, фрезах і т. П.

Поздовжньо-фрезерний верстат. По напрямних станини 1 в поздовжньому напрямку може переміщатися стіл 2, на якому закріплюють заготовку. По вертикальних напрямних бічних стійок 4, сполученим поперечиною 6, і горизонтальних напрямних траверси 5 можуть переміщатися фрезерні головки 3. Обертання шпинделя кожної з цих головок здійснюється від окремого електродвигуна. Поздовжньо-фрезерні верстати зазвичай мають від однієї до чотирьох фрезерних головок. Траверса 5 може переміщатися по вертикальних напрямних стійок 4 і закріплюватися в потрібному положенні в залежності від висоти заготовки. На верстатах цього типу найчастіше обробляють площини. Заготівлю можна обробляти одночасно з трьох сторін декількома фрезами, що значно підвищує продуктивність верстата. У нашій країні виготовляють поздовжньо-фрезерні верстати з довжиною столу 2-12 м.

Роботи, які виконують на фрезерних верстатах

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

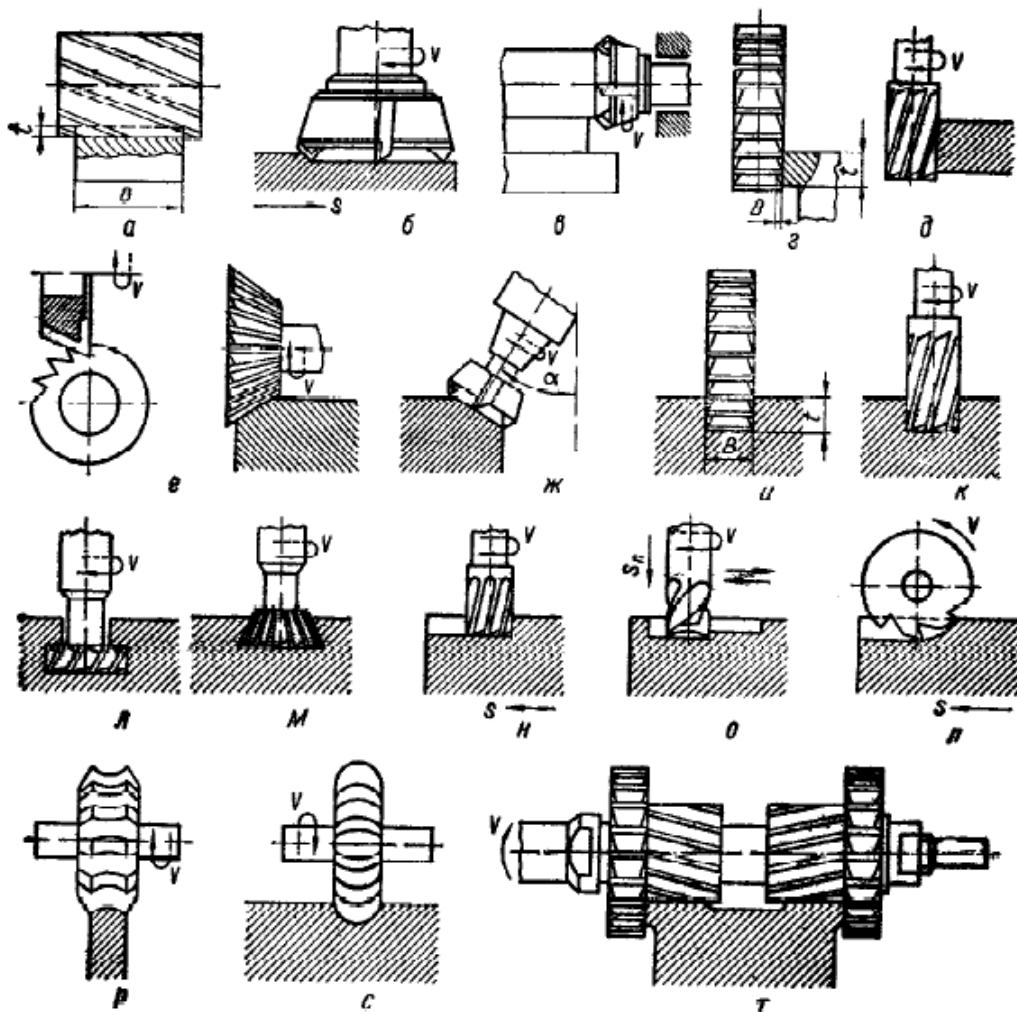


Рис. 17.6 - Приклади робіт, які виконують на фрезерних верстатах

Горизонтальні площині обробляють циліндричними фрезами: (рис. 20.6, а) на горизонтально-фрезерних верстатах або торцевими фрезами (рис. 20.6, б, в) на вертикально-фрезерних і поздовжньо-фрезерних верстатах.

Вертикальні площини обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах торцевими або дисковими фрезами, на поздовжньо-фрезерних - торцевими і на вертикально-фрезерних - кінцевими фрезами (рис. 20.6, в, г, д).

Похилі площини і скоси обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах кутовими фрезами (рис. 20.6, е) або на вертикально-фрезерних верстатах з поворотною головою - торцевими (рис. 20.6 ж). При цьому шпиндельну головку повертають на необхідний кут.

Прямокутні пази і уступи фрезерують дисковими фрезами на горизонтально-фрезерних або кінцевими - на вертикально-фрезерних верстатах (рис. 20.6, і, к). Пази Т-образні _____ і типу "ластівчин хвіст" фрезерують на вертикально-фрезерному верстаті в два проходи. Раніше прорізають прямокутний паз циліндричної кінцевої фрезою, а потім остаточно обробляють паз фрезою відповідного профілю (рис. 20.6, л, м). Шпонкові пази відкриті обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах дисковими фрезами (рис. 27, л), а закриті - на вертикально-фрезерних верстатах кінцевими (рис. 20.6, н) або спеціальними шпонковими фрезами (рис. 20.6, о).

Фасонні поверхні обробляють фасонними фрезами відповідного профілю (рис. 27, р, с), переважно на горизонтально-фрезерних верстатах, а складні просторові фасонні поверхні - на спеціальних копіювально-фрезерних верстатах.

Складні поверхні, що представляють собою поєднання горизонтальних, вертикальних і похилих площин, а іноді і криволінійних поверхонь, часто фрезерують набором фрез на горизонтально- і поздовжньо-фрезерних верстатах (рис. 20.6, т).

На розточувальних верстатах сверделять, зенкерують, розточують, розгортають отвори, підрізають торці, обточують зовнішні циліндричні поверхні, нарізають різьбу, фрезерують плоскі і фасонні поверхні.

Головне обертальний рух здійснює ріжучий інструмент, а поступальний рух подачі може здійснюватися інструментом або заготовкою.

Шпиндель розточувального верстата, здійснює головне обертальний рух, а часто і рух подачі, розташовується горизонтально або вертикально. Ріжучий інструмент - свердла, зенкери, розгортки, фрези, державки з різцями і іншими інструментами - зазвичай закріплюють в кінцевому отворі шпинделя. Використовуються такі типи розточувальних верстатів: горизонтально-розточувальні, координатно-розточувальні, алмазно-розточувальні і спеціальні.

Горизонтально-розточувальні верстати - найбільш поширений тип верстатів цієї групи. На рис. 20.7 показаний загальний вигляд горизонтально-розточувального верстата.

На станині 1 встановлена стійка 2, на напрямних якої розміщена шпиндельная бабка 3. Головним рухом верстата є обертання горизонтально розташованого шпинделя 6 або планшайби 4 з встановленим на ній супортом 5 з різцем, які отримують рух від двигуна через коробку швидкостей, що знаходиться в шпиндельній бабці 3. рух подачі в залежності від характеру обробки повідомляється інструменту або оброблюваній заготовці.

Осьове переміщення шпиндель отримує через коробку подач, також розміщену всередині шпиндельної бабки 3. По вертикальних напрямних стійок 2 і 7 одночасно переміщуються шпиндельна бабка 3 і люнет 8, службовець для підтримки другого кінця встановленої в шпинделі расточной оправлення {Борштанги). Цей рух може бути рухом подачі, а може служити і для установки бабки на необхідній висоті.

При обробці різцем широких торцевих поверхонь різця повідомляють радіальну подачу, використовуючи планшайбу 4 з супортом. Коробка швидкостей шпиндельної бабки забезпечує незалежне обертання шпинделя і планшайби з супортом, що дає можливість поєднувати растачивание і точіння торця.

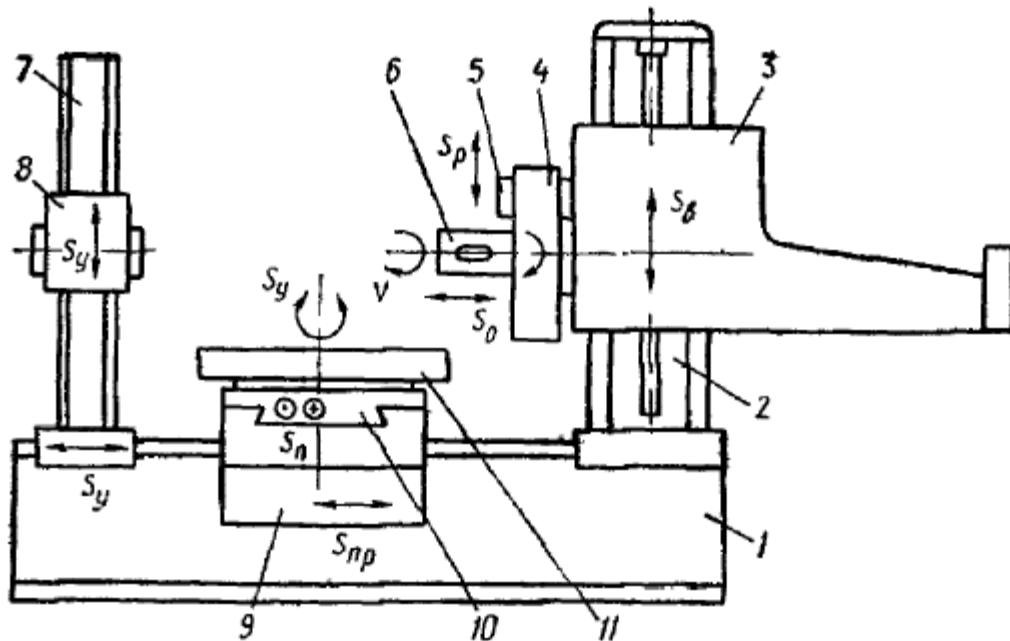


Рис. 17.7 - Горизонтально-розточний верстат

Заготівлю встановлюють на поворотному столі 11, який може бути повернений вручну навколо вертикальної осі. Він поміщений на каретці 10, що переміщається в поперечному напрямку. Каретка встановлена на полозках 9, які прямують уздовж станини по її направляючим. Важкі розточувальні верстати не мають столу, і оброблювані заготовки встановлюються безпосередньо на станині або плиті.

На горизонтально-розточувальних верстатах можна свердли, зенкерувати і розгортати отвори; розточувати отвори великого діаметру різцем, закріпленим в державке, встановленої на планшайбе; розточувати один отвір встановленим в борштанг різцем, або кілька отворів одночасно різцями, закріпленими в борштанг; обточувати, підрізати пластинчастим різцем і фрезерувати торцеві поверхні; фрезерувати площини і фасонні поверхні набором фрез і ін.

Координатно-розточувальні верстати призначені для обробки точних отворів, осі яких повинні бути розташовані на певній, точно витриманому відстані одна від одної або від базових поверхонь. На цих верстатах можна також свердли, фрезерувати, а також розмічати заготовки і робити точні їх вимірювання. Застосовують ці верстати головним

чином для остаточної обробки отворів в деталях точних пристроїв і приладів, кондукторів та інших пристосувань, штампів, прес-форм.

Алмазно-розточувальні верстати призначені для тонкого розточування отворів алмазними або твердосплавними різцями в деталях порівняно невеликих розмірів. Залежно від розміщення шпинделя алмазно-розточувальні верстати поділяють на горизонтальні і вертикальні, а від числа шпинделів - на одне і багатошпиндельні.

ТЕМА 18. ОБРОБКА АБРАЗИВНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Шліфування являє собою процес обробки металів абразивним інструментом з ріжучими елементами у вигляді окремих часток (зерен) з твердого матеріалу. У більшості випадків шліфування застосовують як чистову операцію обробки поверхні, яка забезпечує високу точність розмірів та відповідну якість поверхні. В окремих випадках шліфування застосовують як обдирочну операцію, метою якої є зняття прошарку металу значної (у кілька міліметрів) товщини.

Шліфування розглядають як процес сумарного мікродеформування і стирання поверхні абразивними зернами, що мають невизначену форму. Для кожної такої частки характерні значні негативні передні кути. Тому відділення оброблюваного металу відбувається як мікрорізання з утворенням стружки відповідних розмірів або мікропропахування з витісненням металу убік від шляху переміщення частки. Багатократний вплив часток абразиву призводить до відділення часток металу з поверхні оброблюваної деталі. Для забезпечення відділення часток металу швидкість переміщення часток абразиву відносно оброблюваної поверхні повинна бути достатньо високою. Зазвичай швидкість поверхні абразивного інструменту повинна бути не менше 30 м/с.

В залежності від виду виконуваних робіт відрізняють такі види шліфування:

- плоске;
- кругле;
- внутрішнє безцентрове;
- спеціалізоване.

Основними параметрами шліфування є швидкість, подача та глибина різання.

Основний інструмент шліфування – абразивні круги або бруски. Абразивний інструмент виготовляють з зерен абразиву та зв'язуючої речовини. Зв'язка може бути керамічною, органічною або металевою.

Абразивні частки можуть бути природного (алмаз, корунд, наждак, граніт, кварц та ін.) або штучного походження (карбід бору, карбід кремнію, електрокорунд, скло, оксиди хрому або алюмінію).

В залежності від розмірів зерен абразиву шліфувальні круши маркують числами:

200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16.

Цифри означають розмір часток, які затримуються на ситах з відповідним розміром вічок в сотих долях міліметра.

Основними параметрами шліфування є швидкість переміщення часток абразиву на поверхні інструменту. Для забезпечення руйнування поверхні заготовки та видалення часток такого руйнування, швидкість поверхні абразивного інструменту повинна бути близько 30 м/с. За менших швидкостей різко зменшується ефективність процесу різання при шліфуванні. При більших швидкостях, понад 40 м/с зростає небезпека руйнування абразивного інструменту відцентровими силами. Для забезпечення більших лінійних

швидкостей абразивного інструменту застосовують армування полімерними матеріалами. Такий інструмент дещо дорожче, але для окремих випадків забезпечує потрібні параметри обробки. Наприклад, відрізнi диски армовані скловолокном, забезпечують лінійну швидкість до 80 - 100 м/с.

Глибину різання та подачу, як технологічні параметри, вибирають в залежності від потрібних параметрів поверхні та властивостей матеріалу. Наприклад, для сталі можливі такі види шліфування як обдирка, чорнове шліфування, чистове шліфування. З зменшенням глибини різання і подачі якість поверхні зростає.

ТЕМА 19 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ У ВЕРСТАТОБУДУВАННІ

Загальні тенденції:

- Збільшення продуктивності, зменшення енерговитрат, підвищення точності виробів;
- Автоматизація (послідовність операцій, зміна інструменту, заміна деталі , стружковидалення);
- Спеціалізація;
- Використання твердосплавного ріжучого інструменту;

Перша з названих тенденцій, можна сказати, є універсальною, тобто характерною для більшості галузей промисловості. В галузі механічної обробки названі тенденції забезпечуються за рахунок розробки та впровадження технічних рішень, які можна умовно об'єднати у дві основні групи: автоматизація та спеціалізація.

Автоматизація включає широкий спектр технічних рішень, серед яких слід виділити:

- Застосування мікропроцесорної техніки. Традиційно це називається верстати з ЧПУ. Але на сучасному етапі це вже не просто програмне управління, а інтелектуальне управління з використанням спеціалізованих програмних продуктів, які розроблено під САД та САМ системи, з чіткою координацією в робочому просторі.
- Автоматична заміна робочого інструменту (револьверні головки на 8, 10, 12 або 16 позицій).
- Автоматична заміна готової деталі на заготовку (маніпулятори).
- Автоматичне стружковидалення.

Спеціалізація зводиться до проектування обладнання за критеріями ефективності обробки певних виробів. Тобто, не технологія обробки призначається відповідно до характеристик наявного обладнання, а обладнання проектується під найбільш ефективну технологію. У поєднанні з загальною тенденцією використання твердосплавного інструменту це призводить до створення верстатів з оригінальними компоновками, що суттєво відрізняються від традиційних.

Наприклад, верстати фірми MORI SEIKI серій:

- Dura Turn та NL (відсутній традиційний супорт, натомість по направляючим станини, які розміщено на різних рівнях переміщується 12-позиційний револьвер з інструментом; відсутній фартук з маховиками; відсутня коробка подач; робочий інструмент може бути привідним – елементи токарно-фрезерного верстату);
- NZ (принципово інша компоновка коробки швидкостей – Driven at the Center of Gravity – симетричний привід у площині центру мас; задня бабка відсутня – натомість використовується аналогічна коробка швидкостей; дві або три револьверні головки з можливістю приводу інструменту)⁴
- RL два горизонтальних шпинделя оснащених інструментальними револьверами;
- NT – токарно-фрезерний обробний центр

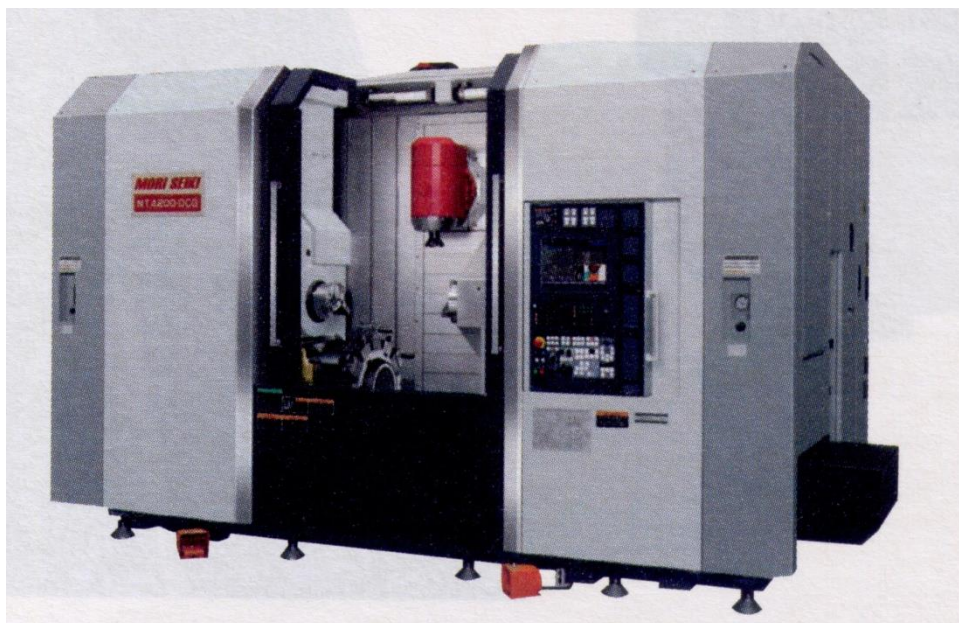


Рисунок 19.1 – Металообробний центр

ТЕМА 20. СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ВАЛКІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

На станах гарячого прокатування використовують чавунні, сталеві або твердосплавні валки. Основним типом валків є чавунні. Сталеві валки, в умовах гарячого прокатування, застосовують у випадках, коли чавунні не забезпечують необхідних технологічних параметрів (за показниками міцності або захвату).

Виготовлення напівтвердих чавунних валків

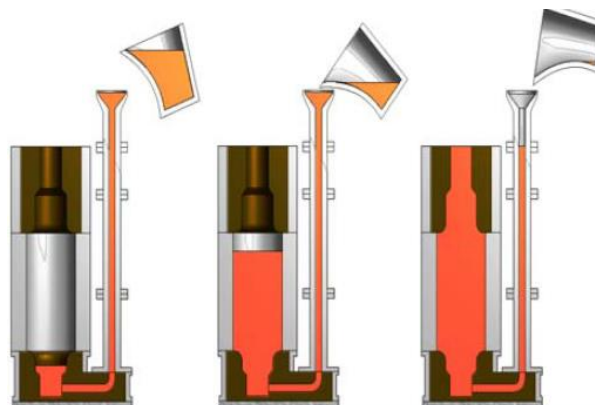


Рисунок 20.1 – Схема відливання чавунних валків

[Kiss I. The cast iron rolling manufacturing – between the mathematical approaches and the optimisation of processes / I. Kiss, S. Maksay, V. Alexa. – Acta Technica Corviniensis. Bulletin of Engineering. – Tome II. – 2009. – P. 39-48.]

Технологічна схема виготовлення чавунних валків сортових станів



Рисунок 20.2 – Схема виготовлення чавунних валків [Прокатные валки / ОРМЕТО-ЮУМЗ : [Рекламні матеріали]. – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.ormetoyumz.ru>. – Заголовок з екрану]

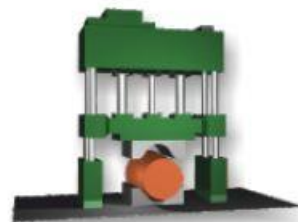
Виготовлення сталевих валків

Технологічна схема виготовлення сталевих робочих валків для обтискних, сортових та штабових станів гарячого прокатування (за даними заводу Энергомашпецсталь)

Виплавка сталі
Позапічна обробка (рафінування)
Відливання під вакуумом



Відливання валків
(залівка форм маса зливків від 3,6 до 130т)

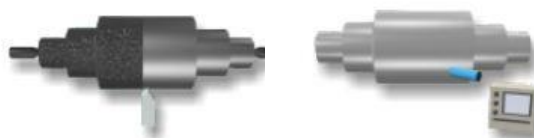


Нагрів та кування

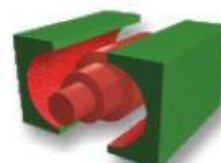
Термічна обробка
(ізотермічний відпал)



Чорнова механічна обробка
(контроль властивостей - УЗК)



Термічна обробка
(нормалізація)



Чистова механічна обробка
(контроль властивостей: УЗК, ККД, твердість, мех., розміри)



Антикорозійна обробка, пакування

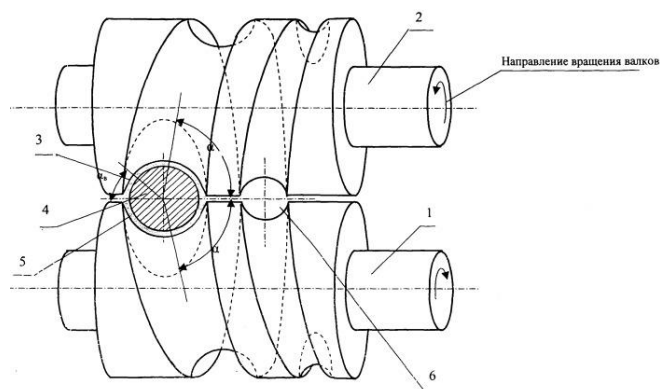


1. Кованные прокатные валки / Энергомашпецсталь. – [Рекламні матеріали]. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.emss.ua/downloads/FORGED%20MILL%20ROLLS_RU.pdf. – Заголовок з екрану.
2. FORGING THE FUTURE NOW / Societa delle Fucine - A Company of ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni Group. – 09 / 2011. – Р 2: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://Rolls_eng.pdf. – Заголовок з екрану.

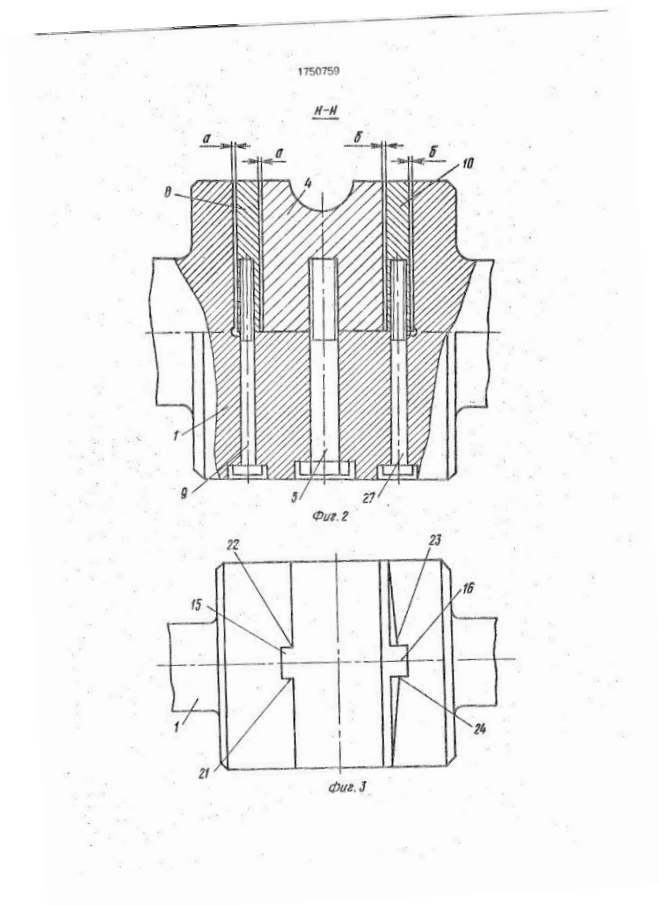


Валки для прокатування арматурних профілів

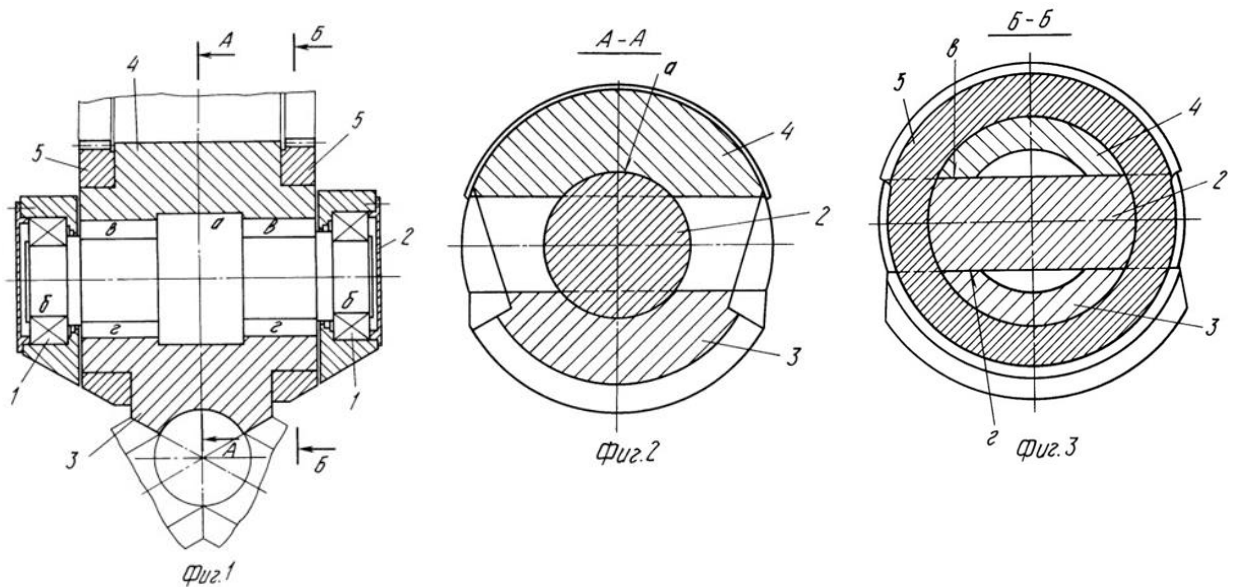
Валок для периодической прокатки конусных длинномерных полых металлических изделий. – Патент RU 2255821 / В 21В 21/02 / Лапин Л. И. и др.



Валок стана холодной прокатки труб : Патент 1750759 / Жисцов С. П. и др.



Сборный валок пильгерстана холодной прокатки труб – Патент 2056958 Мироненко В. А.



ТЕМА 21. СПОСОБИ ЗВАРЮВАННЯ І НАПЛАВЛЕННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ОБЛАДНАННЯ

Для забезпечення зварюваності двох частин матеріалу необхідно зблизити їх настільки, щоб створити можливість для утворення міжатомних зв'язків. Це можливо в тому випадку, коли атоми двох частин матеріалу зближуються на відстань, меншу ніж $4 \cdot 10^{-10}$ м. Такі умови можна створити трьома шляхами:

- стисненням деталей без термічної обробки,
- нагріванням до пластичного стану та одночасним стисненням деталей;
- нагріванням матеріалу до розплавлення,

Стисненням без нагрівання, можна зварювати в окремих випадках лише пластичні метали: алюміній, мідь, свинець та ін. Це так зване «холодне» зварювання. Другий спосіб застосовується для металів і сплавів, які здатні переходити в пластичний стан при нагріванні до температур, нижчих від температури плавлення (сталь, алюміній та ін.), що дозволяє здійснювати зварювання в пластичному стані шляхом стиснення двох попередньо нагрітих частин металу. При стисненні оксидна плівка на поверхнях дотику руйнується і стає можливим взаємопроникнення (дифузія) кристалічних зерен однієї частини в зерна іншої, що забезпечує їх зварювання. З підвищенням температури нагріву величина зусилля, потрібного для стиснення, зменшується.

Третій спосіб — зварювання плавленням, при якому стиснення деталей не потрібне. Цим способом можна зварювати всі метали і сплави, в тому числі і такі, які при нагріванні не переходять у пластичний стан, а відразу переходять в рідкий стан (чавун, бронза, ливарні сплави алюмінію та магнію та ін.).

При класифікації^[5] процесів зварювання виділяють три основних фізичних ознаки:

- форма енергії, яка вводиться в зону зварювання;
- наявність тиску;
- вид інструмента — носія енергії.

Інші ознаки умовно відносять до технічних та технологічних.

За видом енергії, що вводиться у виріб основні зварювальні процеси поділяють на:

1. термічні (Т)
2. термомеханічні (Т М)
3. термопресові (ТП)
4. механічні (М)
5. пресово-механічні (ПМ).

Форма енергії, що застосовується в джерелі енергії для зварювання (електрична, хімічна та ін.), як класифікаційна ознака не використовується, тому що вона характеризує головним чином не процес, а обладнання для зварювання.

Всі відомі в даний час процеси зварювання відбуваються за рахунок уведення двох видів енергії — термічної та механічної, або їх сполучення.

За агрегатним станом матеріалу в зоні зварювання всі способи поділяються на зварювання плавленням або тиском. При зварюванні плавленням характерна відсутність зовнішніх стискуючих зусиль. При зварюванні тиском обов'язковим є стискання.

Класифікація зварювання металів регламентована за фізичними, технічними і технологічними ознаками. За фізичними ознаками всі способи зварювання об'єднані в три класи: до іншого — зварювальний електрод.

Головна роль дугового розряду — перетворення електричної енергії в теплоту. При температурі близько 5500°C газ у розряді є сумішшю іонізованих часток. Характер дугового розряду залежить від присадочного металу, основного металу, захисного середовища, параметрів електричного кола та інших факторів.

Ручне дугове зварювання

Ручне дугове зварювання є найпоширенішим видом електрозварювання, застосовується для зварювання м'якої та легованої сталей, чавуну, нержавіючих сталей, у деяких випадках кольорових металів. Електрод має вигляд стрижня діаметром 1,5—10 мм, закріплений в ручному електродотримачі.

При дотику електрода до металевої зварної деталі, замикається електричне коло, й кінець електроданагрівається. Якщо потім електрод відвести на 3—5 мм від деталі, то встановлюється дуговий розряд, за рахунок якого далі і підтримується струм. Інтенсивне локальне нагрівання викликає розплавлення основного металу (металу деталі) поблизу дуги розряду. Кінець електрода теж плавиться, і метал електрода вливається в розплавлену зварювальну ванну основного металу.

Зварювальник, стежачи за тим, щоб дуговий проміжок не змінювався, веде електродом уздовж стикованих країв зварюваних деталей. При проходженні електрода утворюється розплавлена зварювальна ванна з основного металу і металу електрода, який потім одразу ж кристалізується. В результаті однократного проходження дуги по контуру зварювання утвориться зварювальний валик.

Зварювання під шаром флюсу.

Даний процес зварювання аналогічний ручному дуговому зварюванню, але відрізняється від нього тим, що електродом служить дріт, який подається з котушки і підводиться до місця зварювання через шар флюсу, який наноситься у міру просування тримача електрода або зварювальної головки. Саму дугу при цьому не видно. Процес зварювання допускає майже повну автоматизацію і може забезпечувати високу продуктивність при великій товщині зварюваних деталей.

Швидкість зварювання за такої технології більша, але потрібен час для підготовки деталей до зварювання. Тому зварювання під флюсом економічно виправдане тільки при великому обсязі робіт.

Зварювання плавким електродом

Цей вид зварювання охоплює ряд споріднених технологій, подібних до зварювання під флюсом. Роль флюсу в них відіграє газ, що виходить зі зварювального сопла та охоплює кінець електрода, дугу і зварювальну ванну. Можна одержувати різні характеристики дуги, використовуючи аргон, гелій, вуглекислий газ або суміш перерахованих газів і вводячи при необхідності малі добавки кисню. Головні переваги таких технологій — можливість зварювання хімічно активних металів (алюмінію, магнію, нержавіючої

сталі, міді, нікелю), чистота, можливість візуального контролю, більша швидкість і можливість зварювання в незручних положеннях. Діапазон товщини — від 0,1 мм до дуже великих. Для [сопла](#) може бути передбачене [водяне охолодження](#).

Важливі [різновиди](#) такої технології — дугове зварювання методом обпирання і варіанти [імпульсно-дугового зварювання](#). Ці різновиди дозволяють одержувати деякі специфічні характеристики зварювання за рахунок зміни умов переносу металу через дугу. Вони дають переваги при зварюванні тонких листів у будь-якому просторовому положенні, а також деталей великого поперечного перерізу у вертикальному і навісному положеннях.

Зварювання неплавким електродом

Цей метод відрізняється від попередніх тим, що в ньому використовується короткий [вольфрамовий неплавкий електрод](#). Під дією тепла від [дугового розряду](#) плавиться основний метал поблизу дуги. Присадковий метал, якщо він необхідний, підводять окремо у вигляді стрижня або дроту намотаного [накотушки](#). Зона зварювання обдувається ззовні [інертним газом](#) ([аргоном](#) або [гелієм](#)) для [захисту від атмосферного повітря](#).

Такий метод допускає точний контроль як при ручному, так і при механізованому зварюванні деяких металів ([алюмінію](#), [магнію](#), [нікелю](#), [нержавіючої сталі](#)) і деталей складних контурів. Параметри [зварювальної машини](#) вибираються з урахуванням зварюваного металу і вимог до виробу. Наприклад, при зварюванні [алюмінію](#) і [магнію](#) зварювальною машиною змінного струму коло зварювального струму повинне доповнюватися високочастотним колом стабілізації дуги, або використовують [джерело струму](#) з більшою напругою розімкнутого кола.

Газополум'яне зварювання

Газополум'яне зварювання — [зварювання плавленням](#), під час якого кромки з'єднуваних частин нагрівають полум'ям [газів](#), що спалюються на виході [пальника](#) для газового зварювання. Гази зазвичай підводять до зварювального пальника по [гнучких шлангах](#) від [газових балонів](#) високого тиску, обладнаних [редукційним клапаном](#), що знижує тиск. [Зварювальник](#) тримає в одній руці пальник, а в іншій — присадковий прутик. Цей метод особливо підходить для зварювання сталевих [трубопроводів](#) малого [діаметра](#), а також для приєднання арматур до трубопроводів, для ремонтних робіт, пайки-зварювання.

Обладнання для газового зварювання можна використати для розрізання сталевих елементів товщиною 10—15 мм і більше. Існує також спеціальне устаткування для [підводного різання](#). При так званому різанні [кисневим списом](#) нагріта сталь окислюється і видувається з утвореного вузького прорізу, тонким струменем кисню, який підводиться під високим [тиском](#).

Електрошлакове зварювання

Електрошлакове зварювання — [зварювання плавленням](#), при якому для нагрівання металу використовують тепло, що виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений електропровідний [шлак](#).

Плазмове зварювання

Плазмове зварювання — [зварювання плавленням](#), при якому нагрів кромки деталей, які необхідно з'єднати, відбувається за рахунок тепла потоку [плазми](#), утвореної дуговим розрядом і спрямованої на деталі через сопло.

Електронно-променеве зварювання

Електронно-променеве зварювання — в даному способі зварювання, для нагріву призначених для з'єднання частин використовують енергію [електронного](#)

променя. Тепло виділяється за рахунок бомбардування зони зварювання спрямованим електронним потоком.

Лазерне зварювання

Місцеве розплавлення призначених для з'єднання частин при лазерному зварюванні здійснюється енергією світлового проміння, отриманого від оптичного квантового генератора — лазера.

Термітне зварювання

При термітному зварюванні використовують тепло, яке утворилося в наслідок спалювання терміту — порошку (суміші алюмінію і окислів заліза).

Газове зварювання

При газовому зварюванні використовується тепло полум'я, що утворюється при спалюванні горючого газу в струмені технічного кисню. Частіше як горючий газ застосовують ацетилен C_2H_2 , що при згорянні в атмосфері кисню O_2 дає найбільш високу температуру – до $3150\text{ }^{\circ}C$. Крім того, використовують водень H_2 , природний і коксовий газ і пари гасу. Ацетилен для газового зварювання одержують розкладанням карбіду кальцію CaC_2 в ацетиленовому газогенераторі. Основним інструментом газового зварювання служить газовий пальник.

Термомеханічний клас

Контактне зварювання

Контактне зварювання — технологічний процес утворення з'єднання в результаті нагрівання металу пропущеним через нього електричним струмом і пластичної деформації зони з'єднання під дією направленої на стиск зусилля.

За допомогою контактної зварювання виготовляють до 90% конструкцій, що зварюють тиском, і близько 50% всіх зварних конструкцій. Це показує переваги контактної зварювання перед іншими способами: високою продуктивністю (час зварювання однієї точки або стику становить $0,02 \dots 1,0$ с), малою витратою допоміжних матеріалів (води, повітря), високою якістю і надійністю зварених з'єднань при невеликому числі параметрів, за якими потрібно слідкувати, що знижує вимоги до кваліфікації зварника. Це екологічно чистий процес, що легко піддається механізації і автоматизації.

Недоліки контактної зварювання: відносна складність устаткування, труднощі неруйнівного контролю зварних з'єднань.

Точкове зварювання

При даному методі кромки призначених для з'єднання металевих листів, накладають один на інший з досить великим напуском, щоб можна було стиснути їх двома електродними стрижнями (з регульованим зусиллям) на час проходження потужного імпульсу струму. Місце контакту двох щільно стиснених поверхонь сильно нагрівається струмом, і в цьому місці вони сплавляються, утворюючи точкове з'єднання. Якщо зварювання виконане правильно, то при тестуванні звареного з'єднання воно руйнується не по зварювальній границі.

Шовне зварювання

Шовне зварювання проходить так само, як і точкове. Різниця між ними у тому, що при шовному зварюванні деталі затискаються між електродами-роликами, які в процесі зварювання обертаються, переміщаючи зварювані деталі. [Імпульси](#) зварювального струму виникають один за іншим через установлену паузу. Сукупність багатьох точок, що взаємно перекривають одна одну, утворює суцільний зварний шов.

Стикове зварювання

За допомогою стикового зварювання з'єднують [прути](#), профільний [прокат](#), труби по всій площі їхніх торців. Деталі затискають в електродах-лещатах, потім притискають одну до одної з'єднувальними поверхнями, і пропускають зварювальний струм. Розрізняють [стикове зварювання опором і опаленням](#).

При зварюванні опором деталі притискають із великим [зусиллям](#) (2...5 кгс/мм²). Зварювальний струм нагріває деталі до температури 0,8...0,9 від температури плавлення. У [стику](#) відбувається [пластична деформація](#), з'єднання утворюється без розплавлення металу. Цим способом не завжди вдається забезпечити рівномірне нагрівання деталей великого перетину по всій площі і досить повно виділити зі стику деталей окисні плівки. Тому [стикове зварювання опором](#) застосовують тільки для з'єднання деталей малого перетину (до 200...300 мм²): дротів, труб, прутів з низьковуглецевих сталей.

Дифузійне зварювання

При дифузійному зварюванні поверхні, що з'єднуються, стискають і нагрівають (але не до розплавлення металу) у [вакуумі](#). [Зварний шов](#) утворюється в результаті [дифузії](#) одного матеріалу в інший. Застосування такої технології економічно виправдано тільки тоді, коли потрібно виготовляти деталі з дорогих матеріалів ([титану](#), [цирконію](#) і т. д.) з дуже малими [допусками](#) на [розміри](#). Основні області застосування дифузійного зварювання — [авіакосмічна](#), [електронна](#), [інструментальна промисловість](#), [ядерні технології](#).

Ковальське зварювання

Ковальське (горнове) зварювання — найдавніший вид [зварювання стисканням](#). Протягом майже трьох тисячоліть [людство](#) широко користувалося [залізом](#), не вміючи його розплавити, тому до заліза не можна було застосовувати давно відоме [ливарне зварювання](#), і було винайдене ковальське зварювання, спосіб, призначений для заліза. Розквіту і розвитку ковальського зварювання надзвичайно сприяв і сам спосіб виробництва заліза, що існував протягом тисячоліть до другої половини XIX сторіччя.

Суть ковальського зварювання полягає в тому, що при [деформуванні](#) відбувається зближення металевих поверхонь, і між атомами [кристалічних ґраток](#) починають діяти потужні сили притягання. У випадку, якщо [матеріал](#) має високу [пластичність](#), його можна зводити (зварювати) нагріванням у ковальському [горні](#). При виконанні зварювання до зварювального флюсу можна додати стружку низьковуглецевої сталі: у процесі горіння вони поглинають [вуглець](#), і зварювання виходить при цьому помітно міцнішим.

Механічний клас

Зварювання вибухом

[Тепло](#) виділяється локально за рахунок [тертя](#) між з'єднуваними поверхнями. Рух викликається контрольованим [вибухом](#), що з величезною силою стискає контактуючі поверхні. У зоні зварювання відбуваються взаємопроникнення хвилеподібної форми і часткова сплавка.

Метод застосовується для плакування таких металів, як [сталь](#), стороннім матеріалом, наприклад [алюмінієм](#).

Зварювання тертям

Розігрів поверхонь відбувається за рахунок обертання деталі навколо іншої, нерухомої, зберігаючи контакт між поверхнями. При наступному різкому притисненні поверхонь деталей локалізоване нагрівання приводить до їхньої сплавки.

Ультразвукове зварювання

Зварювання відбувається під дією [ультразвукового променя](#) в місці з'єднання попередньо стиснутих деталей. Точковим або безперервним [швом](#) зварюються тонкі алюмінієві і мідні [фольги](#), а також [пластикові плівки](#). Зварювальним інструментом служить ультразвуковий випромінювач, який перетворює електричні коливання в механічні. Використовується для запечатування пакувальної алюмінієвої фольги і пластикової плівки. Виконання швидке і економічне.

Індукційне зварювання

[Метал](#) нагрівається за рахунок пропускання через нього струму високої [частоти](#) після чого різко здавлюється. Струми високої частоти найзручніші для введення в метал індукційним безконтактним способом; крім того, вони зручні для концентрації в зоні нагрівання з використанням поверхневого ефекту та ефекту близькості і великого індуктивного опору шунтувальних шляхів. Тому практично завжди використовують струми високої частоти від лампових або машинних [генераторів](#). Найбільше застосування метод знаходить при зварюванні [труб](#).

Наплавлення для відновлення розмірів деталей

Відновлювальне наплавлення застосовується для отримання первинних розмірів зношених або пошкоджених деталей. У цьому випадку наплавлений метал близький за складом і [механічними властивостями](#) основного металу.

Наплавлення функційних покриттів служить для отримання на поверхні виробів шару з потрібними властивостями. Основний метал забезпечує необхідну [конструкційну міцність](#). Шар наплавленого металу надає особливих заданих властивостей: [зносостійкість](#), [жаротривкість](#), [жароміцність](#), [корозійну стійкість](#) тощо.

Найважливіші вимоги, що ставляться до наплавляння, полягають в наступному:

- мінімальне проплавлення основного металу;
- мінімальне перемішування наплавленого шару з основним металом;
- мінімальне значення залишкових напружень і деформацій металу в зоні наплавлення;
- зниження до прийнятних значень припусків на подальшу обробку деталей.

Способи наплавляння

- Ручне дугове наплавлення покритими електродами
- Дугове наплавлення під флюсом дротами та стрічками
- Дугове наплавлення у захисних газах вольфрамовими (неплавкими) і дровими металевими (плавкими) електродами
- Дугове наплавлення самозахисними порошковими дротами

- [Електрошлакове наплавлення](#)
- [Плазмове наплавлення](#)
- [Лазерне наплавлення](#)
- Електронно-променеве наплавлення
- [Індукційне наплавлення](#)
- Газополуменеве наплавлення

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Иванов М.Н. Детали машин. -М.: Высшая школа. 1984. - 336 с.
2. Гузенков П.Г. Детали машин. - М.: Высшая школа, 1984. - 336с.
3. Заблонский К.И. Детали машин. -К.: Высшая школа, 1985.-518 с.
4. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 томах. – [8-е изд. перераб. и доп.]. - . – Т. 1. – М. : Машиностроение, 2001. – 920 с.
5. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 томах. – [8-е изд. перераб. и доп.]. - . – Т. 2. – М. : Машиностроение, 2001. – 912 с.
6. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 томах. – [8-е изд. перераб. и доп.]. - . – Т. 3. – М. : Машиностроение, 2001. – 864 с.
7. Технологія конструкційних матеріалів. / М.А. Сологуб, І.О.Рожнецький, О.І.Некоз та ін. – К.: Вища школа, 1993. – 300 с.
8. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : [Підруч. для студ. тех. спец. вузів] / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 006. – 624 с.
9. Прейс Г.А. и др. Технология конструкционных материалов. – К.: Вища школа, 1991 – 340 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Конспект лекцій з дисципліни "Конструкції технологічних агрегатів у процесах ОМТ. Частина 2. Конструкційні матеріали, передачі та вузли механічного обладнання процесів ОМТ» для студентів спеціальності 136 - Металургія, спеціалізації 136.3 - "Обробка металів тиском"

Укладач: канд. техн. наук, доцент Самохвал В. М.

Підписано до друку _____ 2017 г.

Формат _____; Обсяг _____.

Тираж _____. Замовлення _____.

51918, м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2, ДДТУ