

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛООБРОБКИ

Посібник

**для студентів спеціальності 136 «Металургія»
денної та заочної форм навчання**

Затверджено
на засіданні вченої ради
Протокол № 13 від 26.06.2019

Краматорськ
ДДМА
2019

УДК 621.71+ 621.9+621.791
О 75

Автори:

Л. І. Алієва,
О. В. Чучин,
П. Абхарі,
Н. С. Грудкіна.

Рецензенти:

Матвійчук В. А., д-р техн. наук, професор, Вінницький національний аграрний університет, завідувач кафедри «Електромеханічні системи, технології і автоматизація в АПК», м. Вінниця;

Кухар В. В., д-р техн. наук, професор, Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», завідувач кафедри «Обробка металів тиском», м. Маріуполь.

О 75 Основи технології металообробки : посібник для студентів спеціальності 136 «Металургія» денної та заочної форм навчання / Л. І. Алієва, О. В. Чучин, П. Абхарі, Н. С. Грудкіна. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 87 с.
ISBN 978-966-379-906-3

Містить матеріал, присвячений основним положенням єдиної системи допусків і посадок, посадкам гладких з'єднань у системі вала і системі отвору, посадкам підшипників кочення, шпонкових і шліцьових з'єднань; основним способам механічної обробки і способам виготовлення найпростіших деталей механічною обробкою; основним способам зварювання металів.

УДК 621.71+ 621.9+621.791

ISBN 978-966-379-906-3

© Л. І. Алієва, О. В. Чучин,
П. Абхарі, Н. С. Грудкіна, 2019
© ДДМА, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ДОПУСКИ І ПОСАДКИ	5
1.1 Поняття про Єдину систему допусків і посадок (ЄСДП). Основні терміни та визначення.....	5
1.2 Посадки гладких з'єднань. Система вала і отвору. Розрахунок граничних зазорів і натягів у посадках.....	9
1.3 Посадки підшипників кочення. Характеристика підшипників за точністю. Види і режими навантаження.....	13
1.4 Шорсткість посадкових поверхонь. Типи і посадки шпонкових і шліцьових з'єднань.....	16
1.5 Відхилення форми і розташування поверхонь.....	21
1.6 Розрахунок посадок з натягом. Пряма і обернена задачі при розрахунку посадок.....	28
Контрольні питання	32
2 МЕХАНІЧНА ОБРОБКА	34
2.1 Механічна обробка. Термічна обробка. Основні поняття. Режими різання.....	34
2.2 Метали і сплави, які застосовуються для механічної обробки і зварювання.....	36
2.3 Точіння. Обладнання та інструмент. Режими різання.....	40
2.4 Група свердлильних операцій: свердління, зенкерування, розгортання, зенкування. Обладнання та інструмент. Режими різання.....	45
2.5 Фрезерування циліндричне і торцеве. Обладнання та інструмент. Режими різання.....	51
2.6 Різання, довбання і протягування. Обладнання та інструмент. Режими різання.....	56
2.7 Шліфування плоске і кругле. Обладнання і інструмент. Режими різання.....	65
Контрольні питання	73
3 ЗВАРЮВАННЯ	74
3.1 Зварювання тиском і зварювання плавленням. Електричне зварювання і його різновиди. Електроди. режими зварювання..	74
3.2 Ручне газове зварювання. Режими зварювання. Переваги та недоліки газового зварювання.....	78
Контрольні питання	82
ЛІТЕРАТУРА	83
ДОДАТОК	84

ВСТУП

Мета викладання дисципліни: ознайомити майбутнього інженера-металурга з основними положеннями єдиної системи допусків і посадок, основами механічної обробки і зварювання металів.

Завдання викладання дисципліни: навчити майбутніх фахівців «читати» різні технічні креслення, вибирати і призначати посадки на різні з'єднання деталей, розробляти технологічні процеси виготовлення найпростіших деталей механічною обробкою.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- знати основні положення єдиної системи допусків і посадок, посадки гладких з'єднань у системі вала і системі отвору, посадки підшипників кочення, шпонкових і шліцьових з'єднань, розрахунки посадок з гарантованим натягом; основні способи механічної обробки і способи виготовлення найпростіших деталей механічною обробкою; основні способи зварювання металів і способи виготовлення найпростіших металевих конструкцій зварюванням;

- вміти користуватися нормативною та довідковою літературою, вибирати і призначати посадки на різні з'єднання деталей, розраховувати посадки з гарантованим натягом; обґрунтовувати вибір послідовності операцій механічної обробкою і розробляти технологічні процеси виготовлення найпростіших деталей механічною обробкою; розробляти технологічні процеси виготовлення найпростіших зварних конструкцій.

1 ДОПУСКИ І ПОСАДКИ

1.1 Поняття про Єдину систему допусків і посадок (ЄСДП). Основні терміни та визначення

Точність – це ступінь наближення фактичного розміру до розміру, вказаного на кресленні деталі. Чим ближче ці розміри, тим вище досягнута точність.

Взаємозамінністю називається властивість незалежно виготовлених із заданою точністю виробів забезпечувати можливість безпригонної збірки (або заміни при ремонті) деталей, що сполучаються в складальну одиницю при дотриманні висунутих до них технічних вимог.

Неповна або часткова взаємозамінність визначається підбором або додатковою обробкою деталей при зборанні (або, коли необхідні експлуатаційні властивості, зокрема точність, властиві тільки заздалегідь обумовленій частини виробів).

Під час виготовлення виробу механічною обробкою необхідно контролювати точність розмірів, якість поверхонь, належну форму і правильне взаємне положення окремих поверхонь оброблюваної деталі згідно з кресленням цієї деталі.

Поверхні деталей можуть бути простими (циліндричні, конічні, плоскі) або складними (шліцьові, гвинтові).

Крім цього, поверхні деталей можна поділити на дві групи: 1 – поверхні, що сполучаються, (елементи) деталей – поверхні сполучення і взаємодії двох або декількох деталей у з'єднанні; 2 – неспряжані (вільні) поверхні (елементи) деталей – поверхні, які з поверхнями інших деталей не взаємодіють.

Поверхні деталей, що сполучаються, у свою чергу, поділяються на охоплюючі та охоплювані (рис. 1.1).

Охоплюючі поверхні умовно називають «отвором». Охоплювані поверхні умовно називають «валом». Назви «отвір» і «вал» характерні як для циліндричних, так і умовно нециліндричних поверхонь (наприклад, поверхонь з паралельними площинами).

Кількість сполучених поверхонь визначає ступінь рухливості чи щільності складання деталей. Кількість вільних поверхонь визначає ступінь простоти виготовлення деталей.

Розглянуті поверхні характеризуються розмірами, які кількісно оцінюють геометричні параметри деталей. Розрізняють за аналогією з назвами поверхонь розміри сполучених поверхонь (розміри отворів і валів) і розміри вільних поверхонь (які умовно називають іншими або вільними розмірами).

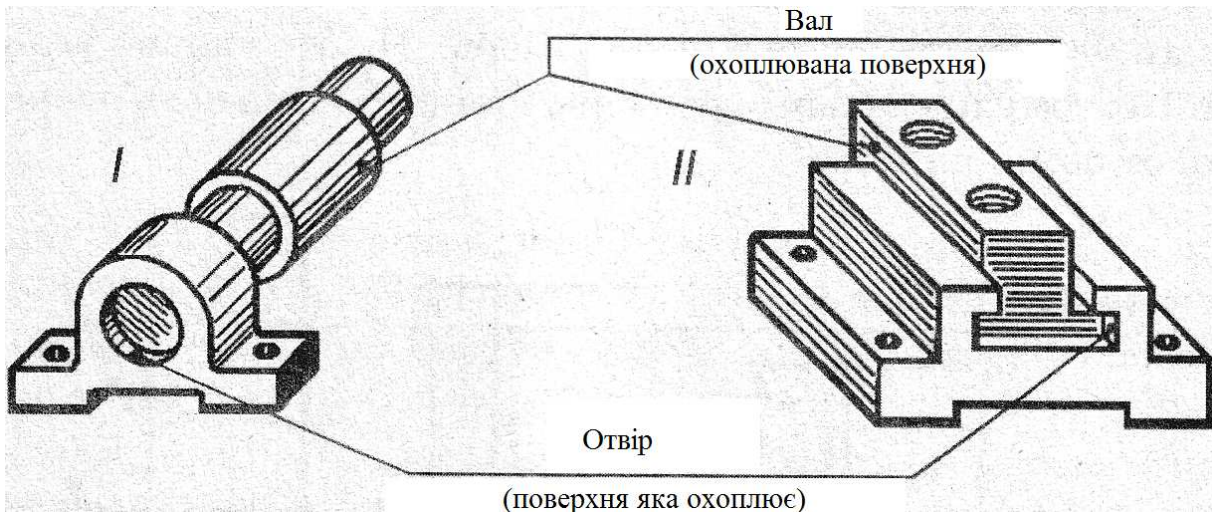


Рисунок 1.1 – Поверхні деталей

З іншого боку, слід розрізняти номінальні, дійсні і граничні (найбільший і найменший) розміри.

Розміри, що проставляються на кресленні деталі і розраховані з урахуванням її призначення і необхідної точності, називаються номінальними розмірами. Та є основними розмірами і позначаються літерою D (рис. 1.2).

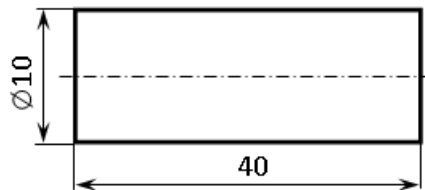


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі «вал» з номінальними розмірами

Номінальні розміри деталей і з'єднань вибирають не довільно, а за ДОСТ («Нормальні лінійні розміри»).

У виробництві номінальні розміри не можуть бути витримані: справжні розміри завжди в більшу або меншу сторону відрізняються від номінальних. На точність виготовлення впливають такі фактори, як: точність установки інструменту, температурні умови, вібрація, точність виготовлення обладнання і т.д.

Розміри, встановлені в результаті вимірювання готової деталі (рис. 1.3) з допустимим ступенем похибки, називаються дійсними розмірами і позначаються: для отвору – D_r , для вала – d_r .

Допустиму неточність виготовлення деталей встановлюють за допомогою граничних розмірів. Найбільший і найменший граничні розміри – гранично допустимі розміри, між якими повинен знаходитися дійсний розмір. Позначаються для отвору – D_{max} і D_{min} , для вала – d_{max} і d_{min} .

Для забезпечення взаємозамінності на кресленнях необхідно замість номінального вказувати найбільший і найменший граничні розміри, проте

це сильно ускладнило б креслення, тому граничні розміри заведено виражати за допомогою відхилень від номінального.

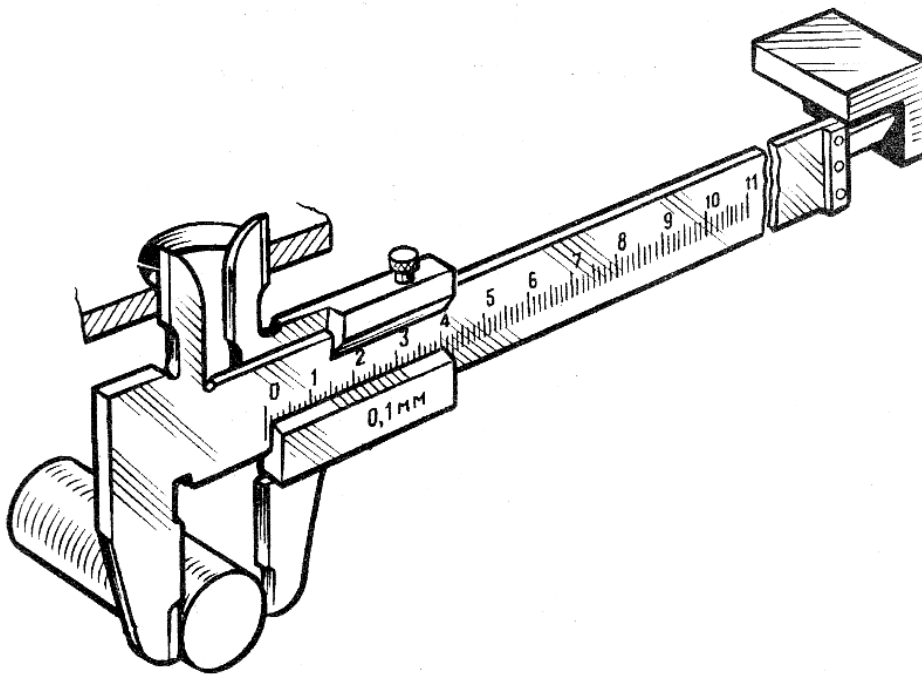


Рисунок 1.3 – Вимірювання дійсних розмірів деталей

Розрізняють верхнє і нижнє граничне, дійсне і основне відхилення.

Номінальний розмір служить початком відліку відхилень. Відхилення можуть бути позитивними, негативними і такими, що дорівнюють нулю. У таблицях стандартів ДОСТ відхилення вказують у мікрометрах (мкм). На кресленнях відхилення заведено вказувати в міліметрах (мм). Ці стандарти встановлюють Єдину систему допусків і посадок (ЄСДП).

Верхнє відхилення (рис. 1.4) – це різниця між найбільшим граничним і номінальним розмірами. Позначають для отворів – ES , для валів – es . Розраховують за такими формулами:

$$ES = D_{max} - D \text{ (для отворів)} \quad \text{і} \quad es = d_{max} - D \text{ (для валів)} \quad (1.1)$$

Нижнє відхилення (див. рис. 1.4) – це різниця між найменшим граничним і номінальним розмірами. Позначають для отворів – EI , для валів – ei . Розраховують за такими формулами:

$$EI = D_{min} - D \text{ (для отворів)} \quad \text{і} \quad ei = d_{min} - D \text{ (для валів)} \quad (1.2)$$

Дійсне відхилення – це алгебраїчна різниця між дійсним і номінальним розмірами. Позначають для отворів – Er , для валів – er . Розраховують за такими формулами:

$$Er = D_r - D \text{ (для отворів)} \quad \text{і} \quad er = d_r - D \text{ (для валів)} \quad (1.3)$$

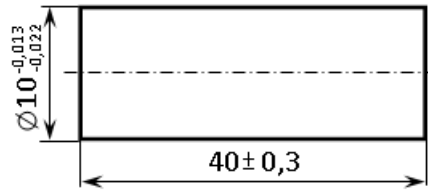


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі «вал» з вказаною точністю розмірів за допомогою граничних відхилень

Допуск – різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами або різниця між верхнім і нижнім відхиленнями. Позначають для отвору – TD , для вала – Td . Розраховують за такими формулами:

$$TD = D_{max} - D_{min} = ES - EI \text{ (для отворів)}, \quad (1.4)$$

$$Td = d_{max} - d_{min} = es - ei \text{ (для валів)}. \quad (1.5)$$

Допуски в системі ЄСДП позначаються: IT01, IT0, IT1, ..., IT17. Букви «IT» позначають «допуски ІСО», ІСО – Міжнародна організація зі стандартизації, рекомендації якої лягли в основу ЄСДП. Запис IT7 означає допуск за 7-м квалітетом ІСО.

Квалітет – характеристика допуску або величина допуску. Це сукупність допусків, що відповідають однакою мірі точності для всіх номінальних розмірів. Допуск у квалітеті однаковий як для валів, так і для отворів одного номінального розміру.

Для нормування різних рівнів точності розмірів від 1 до 500 мм в ЄСДП встановлено 19 квалітетів: 01, 0, 1, 2, ..., 17. Найточніший з них – 01, а самий грубий – 17.

Зараз допуски вимірювальних інструментів і пристроїв IT01...IT7, допуски розмірів у посадках IT3...IT13, допуски невідповідальних розмірів у грубих з'єднаннях (на вільні розміри) – IT14...IT17.

Нульова лінія – лінія, яка відповідає номінальному розміру. Від цієї лінії відкладаються відхилення розмірів при графічному зображенні полів допусків.

Основне відхилення – характеристика розташування поля допуску, тобто положення поля допуску відносно нульової лінії. Основне відхилення – одне з двох відхилень, верхнє або нижнє, розташоване ближче до нульової лінії. Основні відхилення позначають буквами латинського алфавіту – великими для отворів і малими для валів. У діапазоні розмірів 0...500 мм передбачено 28 основних відхилень для отворів і стільки ж – для валів. Основні відхилення отворів: A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, Js, J, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC.

Поле допуску – поле, обмежене верхнім і нижнім відхиленнями. Поле допуску в ЄСДП утворюється поєднанням основного відхилення і квалітета. Відповідно умовне позначення поля допуску складається з букви

основного відхилення і числа номера квалітета (рис. 1.5). Приклади умовного позначення полів допусків: P7, F7, H14 (поля допусків отворів) і h6, u5 (поля допусків валів).

Незазначені граничні відхилення розмірів деталей (оброблюваних різанням) на кресленнях бажано призначати за 14-м квалітетом.

У технічних вимогах креслення можливі три варіанти запису:

- H14, h14, $\pm IT14/2$;
- $\pm IT14/2$;
- $\varnothing H14, \varnothing h14, \pm IT14/2$ (для круглих отворів і валів).

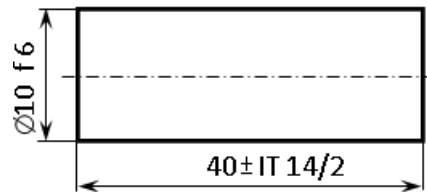


Рисунок 1.5 – Ескіз деталі «вал» з вказаною точністю розмірів за допомогою проставляння полів допусків

ДОСТ встановлює обмеження щодо застосування полів допусків і посадок. У діапазоні розмірів 1 ... 500 мм встановлені кращі (h6, P7), рекомендовані (F7, H14) і додаткові (u5) поля допусків, кращі і рекомендовані посадки.

Граничні відхилення на кресленнях вказують трьома способами: умовними позначеннями полів допусків (20H7, 22f7); числовими значеннями граничних відхилень ($20^{+0,021}$, $22^{0,020}_{0,041}$) і змішаним способом ($20H7^{+0,021}$). При нанесенні граничних відхилень числовими значеннями верхнє відхилення розміщують над нижнім ($45^{+0,068}_{+0,043}$). При симетричному розташуванні поля допуску, коли граничні відхилення рівні, величину відхилень вказують один раз ($85 \pm 0,011$). Граничні відхилення, які дорівнюють нулю, не вказують ($110^{+0,035}$, $65_{0,046}$).

У технічній документації широке поширення знайшло умовне схематичне графічне зображення полів допусків деталей. Подібна схема наочно надає змоги безпосередньо визначати величину зазорів, граничних розмірів і т. д.

1.2 Посадки гладких з'єднань. Система вала і отвору. Розрахунок граничних зазорів і натягів у посадках

Одні з'єднання допускають певну свободу руху деталей відносно одної і в цьому випадку говорять про величину зазору між цими деталями. **Зазором** називається різниця розмірів отвору D_r і вала d_r , якщо розмір отвору більше розміру вала. Інші сполуки, навпаки, забезпечують

нерухомість деталей і в цьому випадку говорять про величину натягу в з'єднанні. **Натягом** називається різниця розмірів вала і отвору до складання, якщо розмір вала більше розміру отвору.

Під словом «**посадка**» розуміють ступінь рухливості зібраних деталей відносно одна одної або характер з'єднання деталей, який визначається значеннями зазорів або натягів у цьому з'єднанні.

Посадка утворюється поєднанням полів допусків отвору і вала. Умовне позначення посадки виконується у вигляді дробу або в один рядок, причому в чисельнику або на першому місці вказується поле допуску отвору, а в знаменнику або на другому місці – вала. Приклади умовних позначень посадки на складальних кресленнях:

$$50 \frac{H7}{g6}; \quad 50 \frac{+0,025}{-0,009}; \quad 50 \frac{H7(+0,025)}{g6(-0,009)}; \quad 50H7-g6.$$

Для практичного застосування рекомендується обмежена кількість кращих посадок (27 посадок в інтервалі розмірів від 1 до 500 мм).

Залежно від співвідношення розмірів поверхонь деталей посадки поділяють на три групи:

- **посадки з зазором** (рухливі посадки). У цьому випадку забезпечується зазор у з'єднанні і поле допуску отвору розташовано над полем допуску вала при графічному зображенні полів допусків.

Приклади посадок з зазором: $\frac{H7}{g6}$; $\frac{H7}{f7}$; $\frac{H7}{e8}$; $\frac{H9}{d9}$ і т. д.

Приклад графічного зображення посадки з зазором $23 \frac{G7^{+0,028}}{h6_{-0,013}}$

(рис. 1.6).

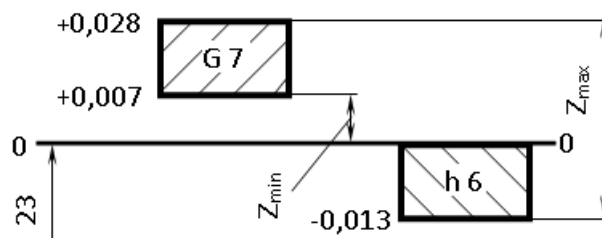


Рисунок 1.6 – Графічне зображення посадки з зазором

До посадок з зазором відносяться і «**ковзні**» **посадки**, у яких нижня межа поля допуску отвору збігається з верхньою межею поля допуску вала.

Приклади «ковзаючих» посадок: $\frac{H6}{h5}$; $\frac{H7}{h6}$; $\frac{H8}{h7}$; $\frac{H8}{h8}$ і т. д.

Графічне зображення «ковзних» посадок набуде такого вигляду (рис. 1.7).

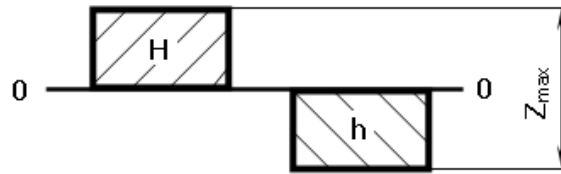


Рисунок 1.7 – Графічне зображення «ковзної» посадки

• **посадки з натягом** (нерухомі посадки). У цьому випадку забезпечується натяг у з'єднанні і поле допуску вала розташоване над полем допуску отвору.

Приклади посадок з зазором: $\frac{P7}{h6}$; $\frac{R7}{h6}$; $\frac{T7}{h6}$; $\frac{H8}{u8}$; $\frac{H8}{s7}$ і т. д.

Приклад графічного зображення посадки з натягом $170 \frac{H7^{+0,040}}{s6^{+0,133/+0,108}}$

(рис. 1.8).

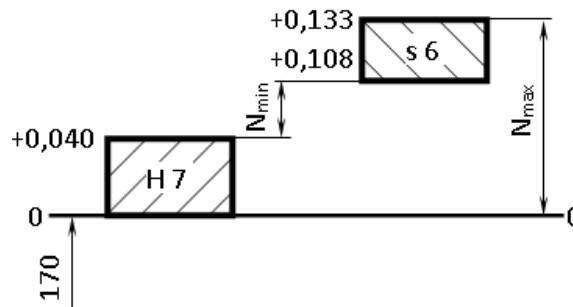


Рисунок 1.8 – Графічне зображення посадки з натягом

• **перехідні посадки.** У цьому випадку можуть виходити як зазори, так і натяг, і поле допуску отвору і вала перекриваються.

Приклади перехідних посадок: $\frac{H7}{n6}$; $\frac{H7}{k6}$; $\frac{H8}{m7}$; $\frac{N8}{h7}$; $\frac{K7}{h6}$ і т. д.

Приклад графічного зображення перехідної посадки $23 \frac{H7^{+0,021}}{k6^{+0,015/+0,002}}$

(рис. 1.9).

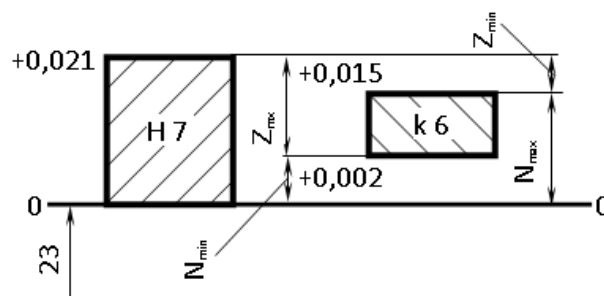


Рисунок 1.9 – Графічне зображення перехідної посадки

Системою допусків і посадок називається закономірно побудована сукупність стандартизованих допусків і граничних відхилень розмірів деталей, а також посадок, утворених отворами і валами, що мають стандартні граничні відхилення.

Стандартом передбачається можливість використання двох систем допусків і посадок: системи отвору і системи вала.

Основне отвір – отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю ($EI=0$), тобто нижня межа поля допуску основного отвору, що позначається буквою H , завжди збігається з нульовою лінією.

Основний вал – вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю ($es=0$), тобто верхня межа поля допуску основного вала, що позначається буквою h , завжди збігається з нульовою лінією.

Посадки в системі отвору – посадки, у яких різні зазори і натяги отримують з'єднанням полів допусків вала (основні відхилення з діапазону $a...zc$) з основним отвором H . При цьому посадки з зазором у системі отвору утворюються поєднанням полів допусків вала (основні відхилення з діапазону $a...h$) і отвору $H \left(\frac{H}{a...h} \right)$; посадки з натягом – поєднанням полів до-

пусків вала (основні відхилення з діапазону $p...zc$) і отвору $H \left(\frac{H}{p...zc} \right)$; перехідні посадки – поєднанням полів допусків вала (основні відхилення з діапазону $j_s...n$) і отвори $H \left(\frac{H}{j_s...n} \right)$.

Посадки в системі вала – посадки, у яких різні зазори і натяг отримують з'єднанням полів допусків отвору (основні відхилення з діапазону $A...ZC$) з основним валом h . При цьому посадки з зазором у системі вала утворюються поєднанням полів допусків отвору (основні відхилення з діапазону $A...H$) і вала $h \left(\frac{A...H}{h} \right)$; посадки з натягом – поєднанням полів до-

пусків отвору (основні відхилення з діапазону $P...ZC$) і вала $h \left(\frac{P...ZC}{h} \right)$; перехідні посадки – поєднанням полів допусків отвору (основні відхилення з діапазону $J_s...N$) і вала $h \left(\frac{J_s...N}{h} \right)$.

Однакові посадки в ЄСДП можна отримати і в системі отвору і в системі вала. Формально обидві системи посадок рівноправні, але практично майже завжди більш економічні посадки в системі отвору. Це пояснюється тим, що трудомісткість виготовлення точних отворів вище, ніж точних валів, і для виготовлення точних отворів потрібні складніші і дорожчі металорізальні інструменти і контрольні-вимірвальні засоби. Посадки в системі вала доцільні при використанні деяких стандартних деталей (наприклад, підшипників кочення) і у випадках застосування вала постійного

діаметра за всією довжиною для установки на нього декількох деталей з різними посадками. Цифри квалітетів отвору і вала в посадці не повинні відрізнятися більш ніж на 1...2 одиниці. Великі за значенням цифри квалітета, як правило, призначають для отвору. У посадок, як правило, число квалітету отвору на 1...2 одиниці більше числа квалітета вала.

Приклад позначення посадки для гладкого з'єднання «вал – втулка» на складальних кресленнях наведено на рисунку 1.10.

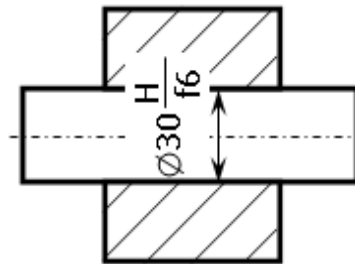
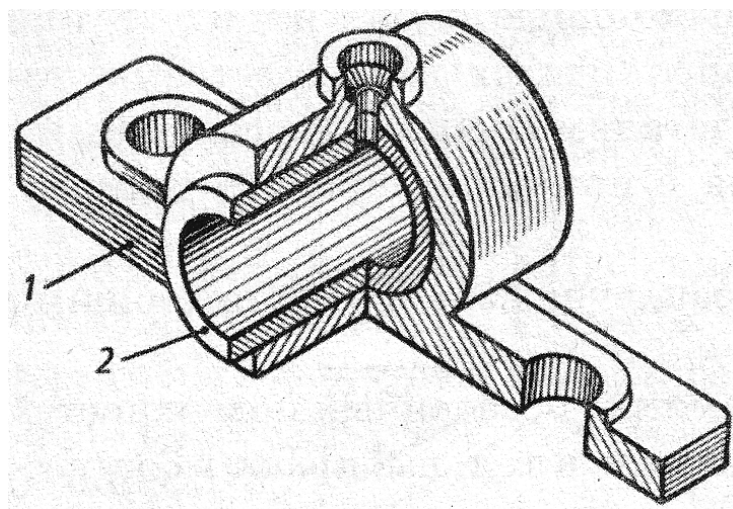


Рисунок 1.10 – Гладке з'єднання «вал – втулка»

1.3 Посадки підшипників кочення. Характеристика підшипників за точністю. Види і режими навантаження

Для підтримки обертових частин (шківів, зубчастих коліс і т. д.) служать вали і осі. Опорами для обертових валів і осей служать підшипники. За принципом роботи розрізняють підшипники ковзання і підшипники кочення.

У підшипників ковзання (рис. 1.11) ділянка вала, розміщена всередині підшипника, ковзає безпосередньо по опорній поверхні вкладишів підшипника.



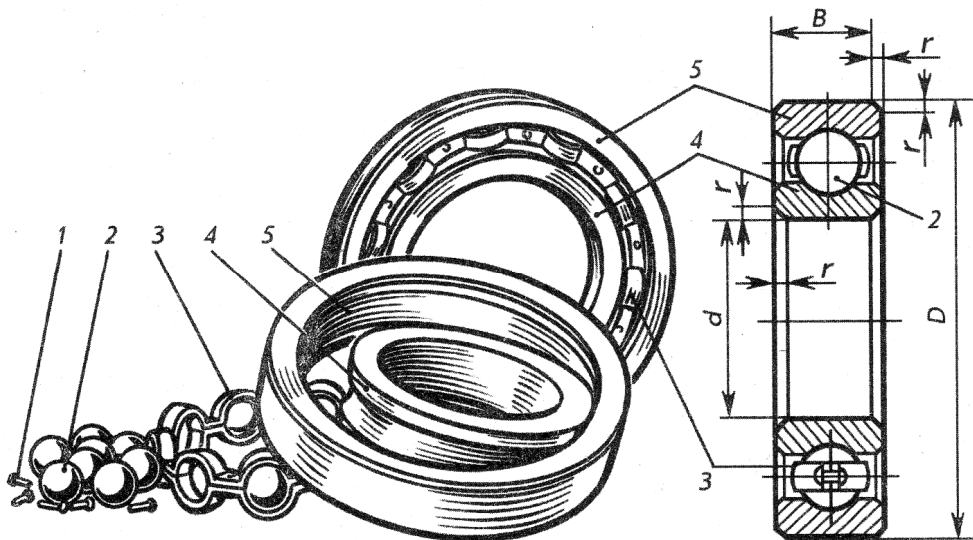
1 – корпус підшипника; 2 – вкладиш

Рисунок 1.11 – Нероз'ємний підшипник ковзання

У підшипників кочення (рис. 1.12) між поверхнею обертового вала і поверхнею отвору в корпусі (опори) розташовані кульки або ролики (тіла кочення).

Підшипники кочення – це стандартні вироби спеціалізованих державних підшипникових заводів (ДПЗ).

Підшипники кочення мають повну зовнішню взаємозамінність за приєднувальними поверхнями, що визначаються зовнішнім діаметром D зовнішнього і внутрішнім діаметром d внутрішнього кільця (це дозволяє швидко монтувати, а також швидко замінювати зношені підшипники) і неповну взаємозамінність між тілами кочення і кільцями.



1 – заклепки з'єднувальні; 2 – тіла кочення (кульки або ролики);
3 – сепаратор; 4 – внутрішнє кільце; 5 – зовнішнє кільце

Рисунок 1.12 – Підшипник кочення

У якості діаметра підшипника беруть внутрішній посадковий діаметр кільця d .

Згідно із ДОСТ 520-89 встановлюють такі класи точності підшипників (в порядку підвищення точності): 0; 6; 5; 4 і 2. Клас точності вказується зліва від умовного позначення підшипників. Наприклад, запис 6-205 розшифровується так: 6 – клас точності; 205 – умовне позначення підшипника. Найбільш часто в машинобудуванні використовують підшипники класів точності 0 і 6 (0 – при звичайних вимогах до точності обертання, 6 – при підвищених).

Розрізняють три види навантаження кілець підшипників (при розгляді з'єднання «вал – внутрішнє кільце»): *циркуляційне навантаження* – кільце обертається разом з валом; *місцеве навантаження* – кільце нерухоме щодо вала; *коливальне навантаження* – кільце коливається щодо вала на певній ділянці. При цьому залежно від виду навантаження кожного

з кільцець підшипника окремо можуть обертатися: одне з кільцець (зовнішнє або внутрішнє) і обидва кільця одночасно (в одному напрямку або в різних).

За інтенсивністю навантаження підшипникових вузлів режими їх роботи поділяють на *легкий*, *нормальний*, *важкий* і на «*особливі умови*» (ударні і вібраційні навантаження). Легким називається режим роботи підшипника, при якому розрахункова довговічність понад 10 000 год.; нормальним – 5 000...10 000 год.; важким – 2 500...5 000 год.

Для скорочення номенклатури діаметри зовнішнього D і внутрішнього d кільцець радіальних підшипників виготовляють з відхиленнями розмірів, спрямованими в «мінус» від нульової лінії. Необхідні посадки в з'єднанні підшипника отримують за рахунок призначення відповідних полів допусків вала і отвору в корпусі. Зовнішнє кільце діаметром D взято за основний вал, і посадки зовнішнього кільця з корпусом здійснюють у системі вала, а внутрішнє кільце діаметром d взято за основний отвір, і посадки внутрішнього кільця з валом здійснюють у системі отвору.

Позначення поля допуску підшипника складається з символу l для зовнішнього кільця або символу L для внутрішнього кільця і класу точності підшипника. Наприклад: $l0$; $l6$; $L0$; $L6$ і т. д.

На рисунку 1.13 в якості прикладу наведена схема відносного розташування полів допусків кільцець підшипників, а також деяких полів допусків вала і отвору в корпусі.

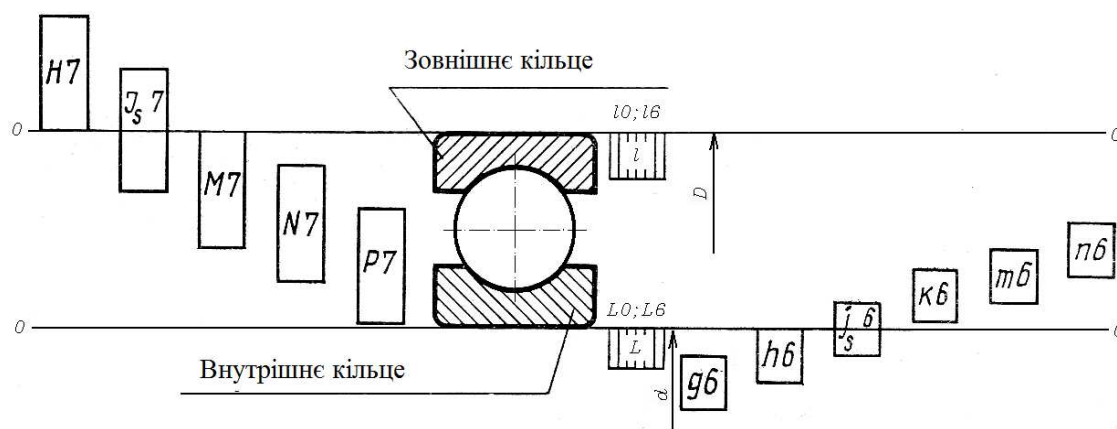


Рисунок 1.13 – Схема відносного розташування полів допусків кільцець підшипників

Як і у випадку з гладкими з'єднаннями (див. підрозд. 1.2), посадки підшипників кочення утворюються поєднанням полів допусків отвору і вала. Так, посадка на з'єднання «вал – внутрішнє кільце підшипника кочення»

набуває такого вигляду: $\varnothing 50 \frac{L0}{js6}$. А посадка на з'єднання «зовнішнє кільце

підшипника кочення – отвір у корпусі» набуває такого вигляду: $\varnothing 90 \frac{H7}{l0}$.

Приклад відображення розглянутих вище посадок для внутрішнього і зовнішнього кілець підшипників кочення на складальних ескізах поданий на рисунку 1.14.

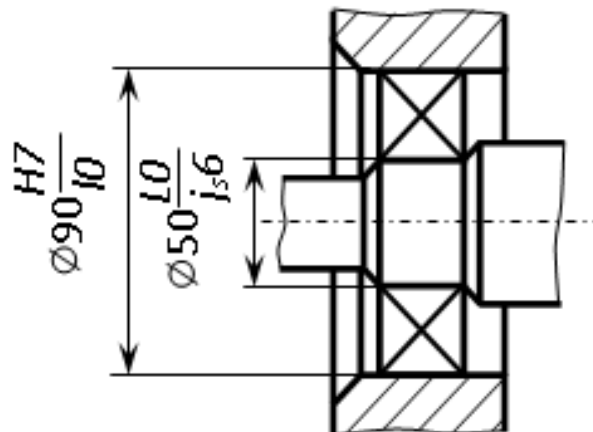


Рисунок 1.14 – Відображення посадок для обох кілець підшипника кочення

1.4 Шорсткість посадкових поверхонь. Типи і посадки шпонкових і шліцьових з'єднань

Шорсткістю називається сукупність усіх мікронерівностей (западин і виступів), що утворюють рельєф поверхні деталі.

Залежно від призначення і умов роботи деталей машин допускають різну шорсткість їх поверхні. Для характеристики шорсткості поверхонь деталі ДОСТ встановлює 6 параметрів. Основними параметрами, що визначають ступінь шорсткості поверхні, є середнє арифметичне відхилення профілю R_a і висота нерівностей профілю з десятьма точками R_z .

Величину R_a визначають як середнє значення відстаней окремих точок профілю $Y_1, Y_2 \dots Y_n$ (n – кількість точок профілю) до середньої лінії гребінців ОХ (рис. 1.15):

$$R_a = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n}.$$

Величину R_z визначають як середнє значення між п'ятьма вищими точками виступів H_1, H_3, H_5, H_7, H_9 і п'ятьма нижчими точками западин $H_2, H_4, H_6, H_8, H_{10}$ профілю (рис. 1.15):

$$R_z = \frac{(H_1 + H_3 + \dots + H_9) - (H_2 + H_4 + \dots + H_{10})}{5}.$$

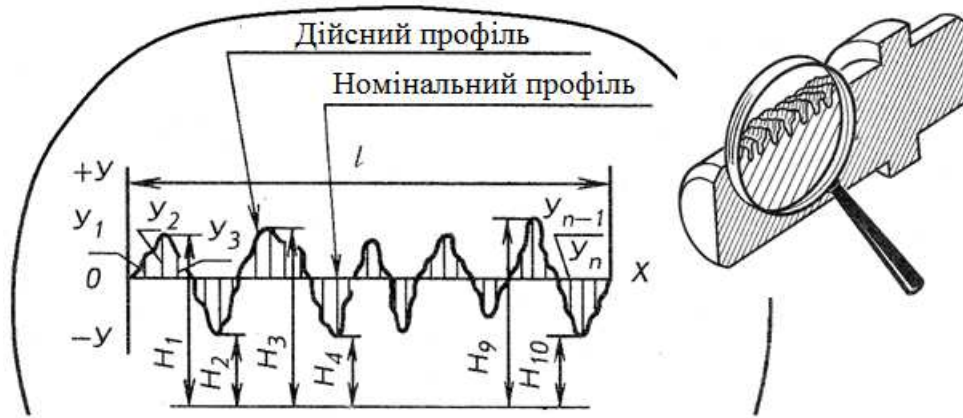


Рисунок 1.15 – Дані для розрахунку параметрів R_a і R_z

ДОСТ встановлює граничні значення величин R_a , R_z і базової довжини l , у межах якої має проводитися вимір певного параметра. Параметри R_a і R_z позначаються на кресленнях числовою величиною шорсткості в мікрометрах.

Для визначення шорсткості за R_a застосовують профілометри, а за R_z – профілографи й оптичні прилади.

Числові значення параметрів шорсткості за R_a і R_z в таблиці класів ДОСТ задані у вигляді діапазонів. Класи 1...5, 13 і 14 визначено через параметр R_z , класи 6...12 – через параметр R_a . Прямого зв'язку між точністю виготовлення і шорсткістю не існує, однак, чим менше величина квалітета в поле допуску, тим вищі вимоги висуваються до шорсткості поверхні.

Для позначення шорсткості поверхонь деталі на кресленні використовуються такі знаки: $\sqrt{\quad}$; $\nabla\sqrt{\quad}$; $\circ\sqrt{\quad}$.

Раніше використовувалися відповідно знаки: $\sqrt{\quad}$; $\nabla\sqrt{\quad}$; $\circ\sqrt{\quad}$.

Знак $\sqrt{\quad}$ проставляють на кресленні, якщо вид обробки по поверхні конструктором не встановлюється.

Знак $\nabla\sqrt{\quad}$ проставляють на кресленні, якщо поверхня повинна бути отримана обробкою, тобто повинна бути утворена видаленням шару матеріалу, наприклад, гострінням, фрезеруванням, свердлінням, шліфуванням, поліруванням, травленням і т. д.

Знак $\circ\sqrt{\quad}$ проставляють на кресленні, якщо поверхня виходить без обробки, тобто повинна бути утворена без видалення шару матеріалу, наприклад, литтям, куванням, об'ємним штампуванням, прокаткою, волочінням і т. п., або поверхня залишається в стані поставки і не обробляється за даним кресленням.

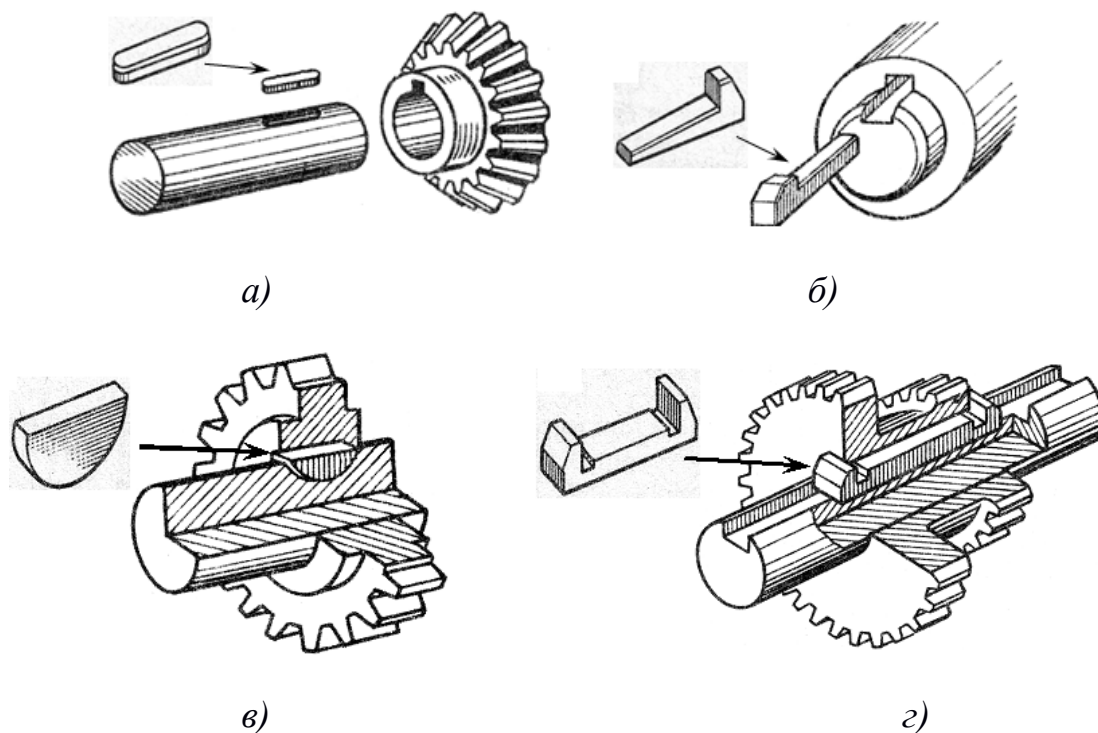
Запис на кресленні $\sqrt{R_a} 0,63$ необхідно розшифрувати таким чином: шорсткість розглянутої поверхні деталі за R_a не повинна перевищувати 0,63 мкм.

А запис $\sqrt{R_z} 160$ розшифровується таким чином: шорсткість розглянутої поверхні деталі за R_z не повинна перевищувати 160 мкм.

Роз'ємним з'єднанням є з'єднання, яке можна багаторазово розбирати на окремі частини (деталі) і знову скласти їх без руйнування самих деталей і елементів, які їх сполучають, наприклад: болтове, шпонкове, шлицьове з'єднання і т. д.

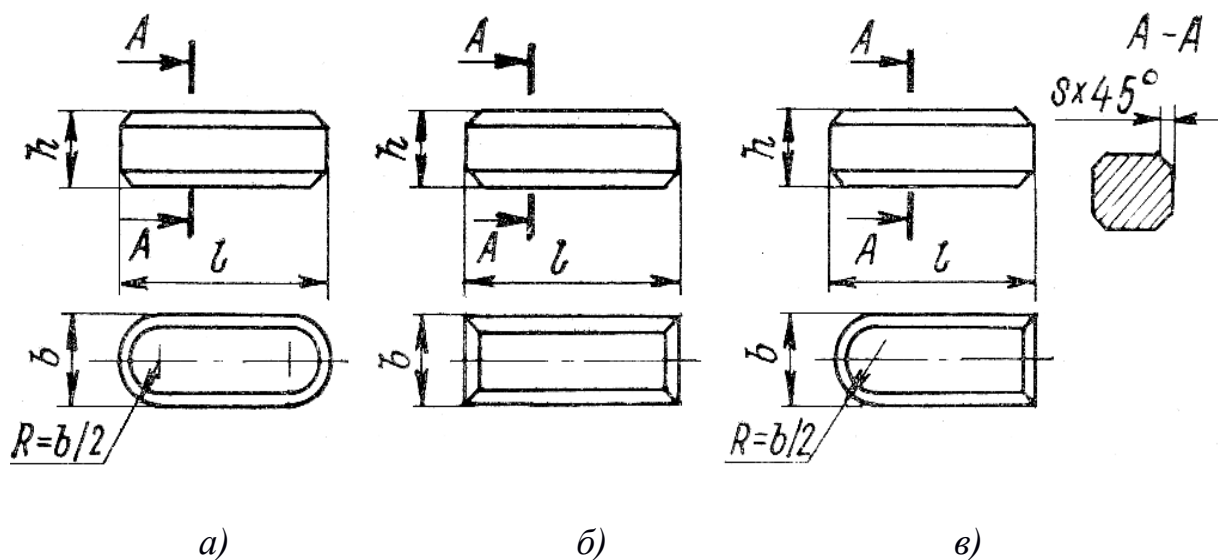
Нероз'ємне з'єднання розбиранню не підлягає, тому що або одна з деталей, або елемент, який їх сполучає, при цьому руйнується, наприклад: з'єднання за допомогою заклепок, зварюванням.

Шпонка – це деталь, яка встановлюється в спеціальний паз вала таким чином, що частина її виступає над поверхнею вала і входить до поглиблення (пазу) деталі, яка поєднується з валом. Шпонка служить для передачі обертального моменту в з'єднанні вала зі шківом, зубчастим колесом, маховиком і ін. деталями, що обертаються разом з валом. У машинобудуванні застосовуються різні типи шпонок (рис. 1.16): призматичні, сегментні, клинові і спеціальні. Основні типи шпонок стандартизовані.



*а – призматична; б – клинова; в – сегментна; з – спеціальна
 Рисунок 1.16 – Шпонки і схеми вузлів з цими шпонками*

Призматичні шпонки мають три виконання (рис. 1.17). Розміри перерізу шпонки і глибину паза вибирають залежно від діаметра вала.



*а – виконання 1; б – виконання 2; в – виконання 3
Рисунок 1.17 – Три виконання призматичних шпонок*

До умовного позначення шпонки входять: виконання (виконання 1 не вказують), розміри перерізу $b \times h$, довжина l і номер ДОСТу. Наприклад: шпонка $26 \times 6 \times 35$ ДОСТ 23360-78.

Поля допусків для ширини призматичної шпонки, паза вала і втулки відповідно до ДОСТ 23360-78 показані на рисунку 1.18. Поле допуску ширини шпонки $h9$.

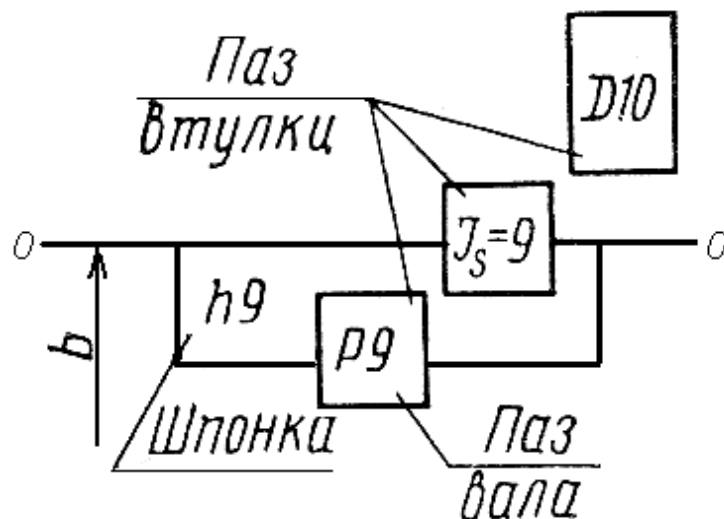


Рисунок 1.18 – Поля допусків для ширини призматичної шпонки, паза вала і втулки

Шлицьове з'єднання здійснюється за допомогою зубів (виступів) на одній деталі і западин на іншій (рис. 1.19). Ці сполуки можна розглядати як багатощпонокві, тому що в них шпонки виконані заодно з валом.

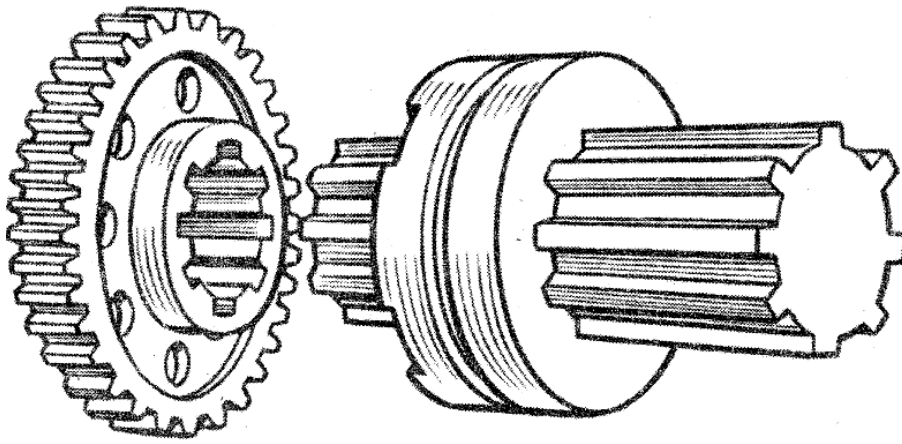
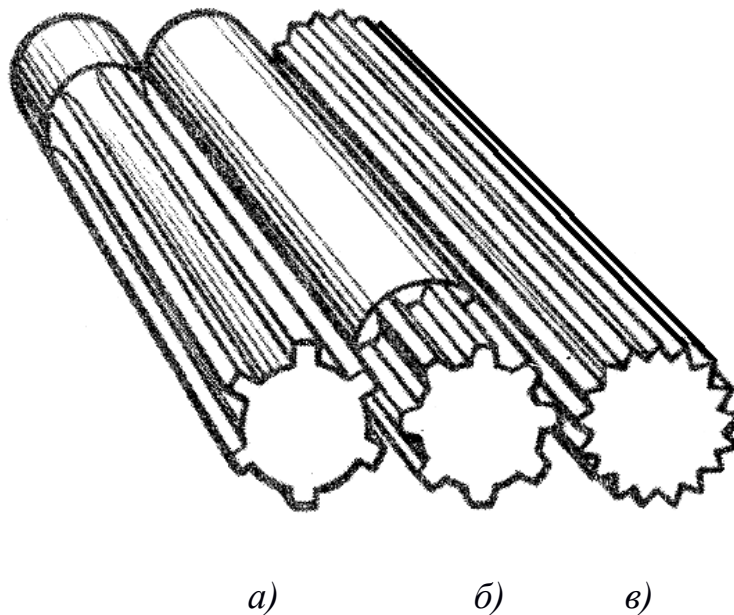


Рисунок 1.19 – Шлицьове з'єднання

Зубчасті з'єднання в порівнянні зі шпонковими мають такі переваги: велика навантажувальна здатність завдяки значно більшій робочій поверхні і відносно рівномірному розподілу тиску за висотою зуба; краще центрування сполучених деталей; велика міцність вала в порівнянні з валом зі шпонковими канавками.

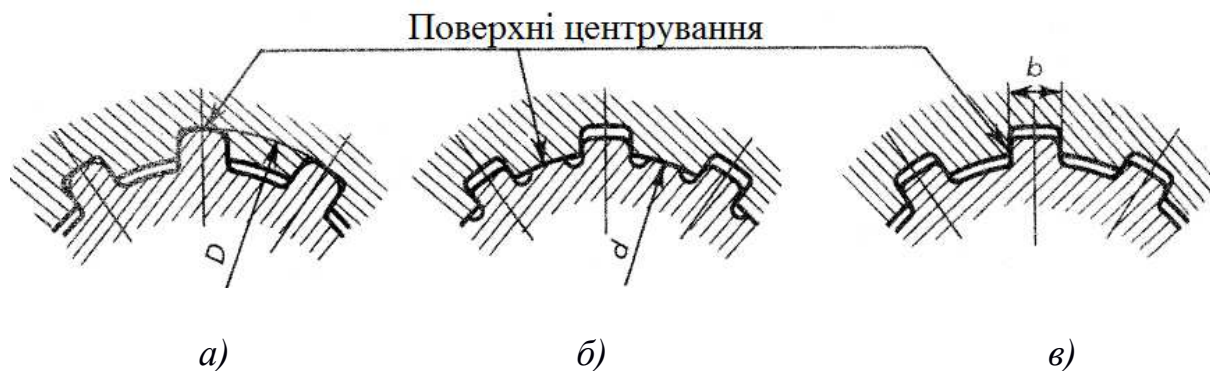
Зубчасті зачеплення (для з'єднання маточини і вала) можуть бути нерухомими, так і рухливими (можливо осьове переміщення маточини на валу).

Профілі зубів і западин бувають прямобочні (прямокутні), евольвентні і трикутні (рис. 1.20).



а – прямобочна; б – евольвентна; в – трикутна
Рисунок 1.20 – Форма зубів на шлицьовому валу

Прямобочні зубчасті з'єднання стандартизовані. Ці зубчасті зачеплення розрізняють (рис. 1.21) за способом центрування маточини на валу: за зовнішнім діаметром D ; за внутрішнім діаметром d ; за бічними гранями b .



*a – за зовнішнім діаметром D ; б – за внутрішнім діаметром d ;
в – за бічними гранями b*

Рисунок 1.21 – Способи центрування маточини на валу

Центрування за зовнішнім D або внутрішнім d діаметрами є більш точним, і тому ці види з'єднань застосовують у тих випадках, коли потрібна висока кінематична точність.

Центрування за бічними гранями зубів використовують у тих випадках, коли необхідна достатня міцність з'єднання. Центрування за бічними гранями не забезпечує точної співвісності маточини і вала, але зате створює рівномірний розподіл навантаження по зубах. За діаметрами, які не центрують, зазори роблять досить значними, щоб гарантувати сполучення по поверхнях, які центрують.

Умовне позначення шліцьового з'єднання містить: спосіб центрування (D , d , b), кількість зубів z , внутрішній діаметр d , зовнішній діаметр D , ширину зуба b . При цьому поряд з номінальними значеннями діаметрів і ширини зуба вказується посадка, наприклад:

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9} .$$

1.5 Відхилення форми і розташування поверхонь

Відхилення реальної поверхні виготовленої деталі від геометричної (теоретичної) пов'язані з:

- 1) порушенням встановленої за кресленням форми;
- 2) порушенням взаємного розташування окремих поверхонь деталі.

Під *відхиленням* або *похибкою форми* розуміють невідповідність між формою реальної поверхні або профілю, отриманої при обробці, і теоретичною формою поверхні або профілю, яка задана в кресленні.

У результаті вимірювання деталі визначають значення відхилення (похибки), яке отримано при виготовленні деталі, і порівнюють його з допуском форми, який заданий у кресленні. Якщо похибка не перевищує допуск, то деталь якісна.

Відхилення форми відраховують від прилеглих поверхонь і профілів. Розрізняють прилеглі: площину і пряму, циліндр і окружність, а також фасонну поверхню. Кількісно відхилення форми оцінюється найбільшою відстанню від прилеглої поверхні або профілю до реальної поверхні.

Основними видами відхилень форми є: відхилення від площинності або неплщинність; відхилення від прямолінійності або непрямолінійність; відхилення від циліндричності або нециліндричності; відхилення від круглості або некруглість; відхилення профілю поздовжнього перерізу. Обмежуються ці відхилення відповідними допусками, заданими в кресленнях: допусками площинності, прямолінійності, циліндричності, круглості і профілю поздовжнього перерізу.

Відхилення від площинності або *неплщинність* відноситься до плоских поверхонь. Допуск площинності умовно позначається таким знаком



Відхилення від прямолінійності або *непрямолінійність* відноситься до профілю. Допуск прямолінійності умовно позначається таким знаком



Відхилення від циліндричності або *нециліндричність* відноситься до циліндричних поверхонь. Допуск циліндричності умовно позначається таким знаком



Нециліндричність включає відхилення від круглості або некруглість і відхилення профілю поздовжнього перерізу.

Відхилення від круглості або *некруглість* відноситься до профілю. Допуск круглості умовно позначається таким знаком



Відхилення профілю поздовжнього перерізу відноситься до профілю. Допуск профілю поздовжнього перерізу умовно позначається таким знаком

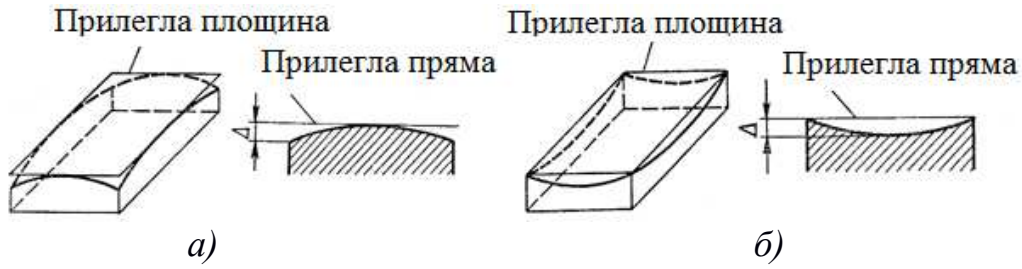


Приклади визначення відхилень форми і нанесення допусків форми на кресленнях подані в таблиці 1.1.

Елементарними видами неплщинності і непрямолінійності є увігнутість і опуклість (рис. 1.22).

Таблиця 1.1 – Приклади визначення відхилень форми і нанесення допусків форми на кресленнях

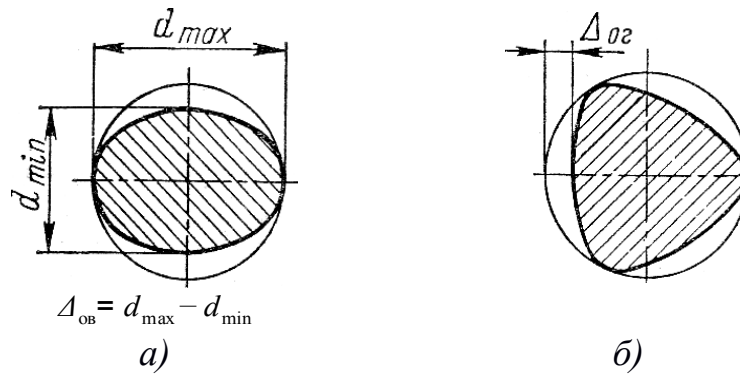
Знак допуску	Приклади	
	Відхилення форми поверхонь Δ	Нанесення допуску в кресленні з поясненням
		<p>Допуск площинності поверхні А дорівнює 0,01 мм</p>
		<p>Допуск прямолінійності поверхні А дорівнює 0,01 мм</p>
		<p>Допуск циліндричності поверхні А дорівнює 0,01 мм</p>
		<p>Допуск циліндричності поверхні А дорівнює 0,01 мм; допуск круглості дорівнює 0,004 мм</p>
		<p>Допуск круглості поверхні А дорівнює 0,006 мм; допуск профілю поздовжнього перерізу дорівнює 0,01 мм</p>



a – опуклість; б – увігнутість

Рисунок 1.22 – Елементарні види непощинності і непрямолінійності

Елементарними видами некруглості є **овальність** і **огранювання** (рис. 1.23).

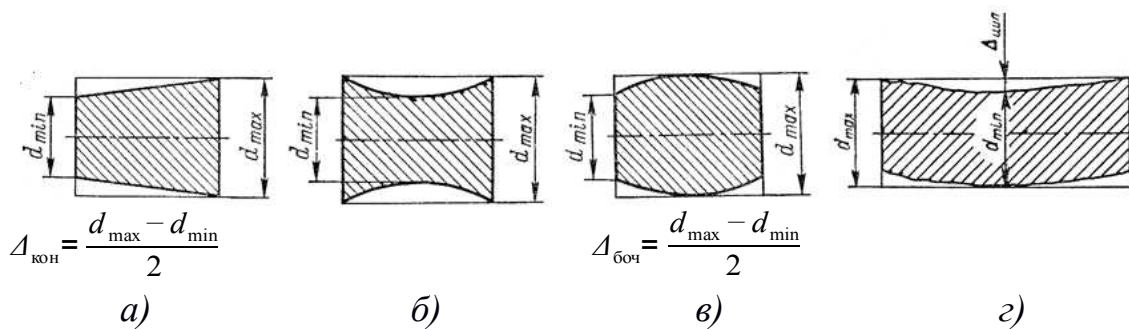


a – овальність; б – огранювання

Рисунок 1.23 – Елементарні види некруглості

Елементарними видами відхилення профілю поздовжнього перерізу є **конусоподібність**, **седлоподібність**, **бочкоподібність** і **зігнутість осі** (рис. 1.24).

$$\Delta_{\text{седл}} = \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{min}}}{2}$$




a – конусоподібність; б – седлоподібність; в – бочкоподібність; г – зігнутість осі


Рисунок 1.24 – Елементарні види відхилення профілю поздовжнього перерізу


Під *відхиленням*, або *похибкою*, *розташування* розуміють відхилення від заданого креслення розташування розглянутої поверхні, її осі або площини симетрії щодо баз або від номінального взаємного розташування розглянутої поверхні, їх осей або площин симетрії.


Базою може служити поверхня, вісь або площина симетрії.

Основними видами відхилень розташування є: відхилення від паралельності або непаралельність; відхилення від перпендикулярності або неперпендикулярність; відхилення від співвісності або неспіввісність; відхилення від симетричності або несиметричність.

Відхилення від паралельності або *непаралельність* відноситься до: двох площин; двох прямих у площині або просторі; двох осей поверхонь обертання; осі у відношенні до площини і т. д. Допуск паралельності умовно позначається таким знаком .


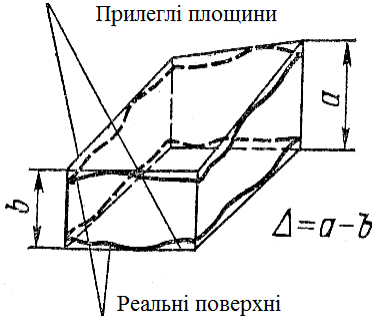
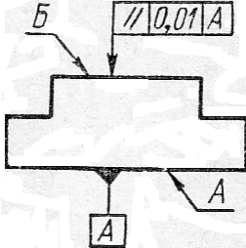
Відхилення від перпендикулярності (від прямого кута) або *неперпендикулярність* відноситься до: двох площин; двох осей поверхонь обертання; осі і площини і т. д. Допуск перпендикулярності умовно позначається таким знаком .

Відхилення від співвісності або *неспіввісність* розглядається щодо базової поверхні або загальної осі для однієї деталі. Допуск співвісності умовно позначається таким знаком .


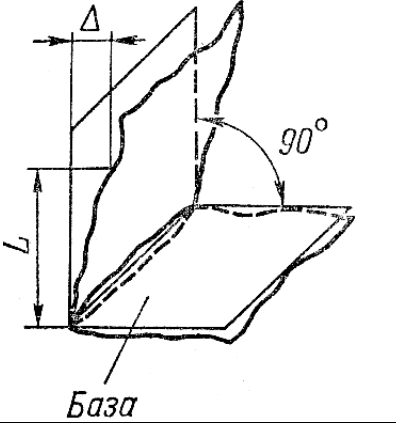
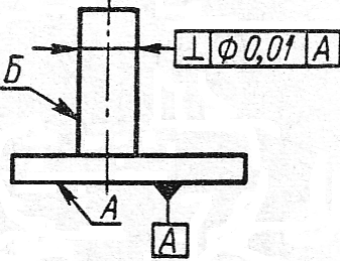

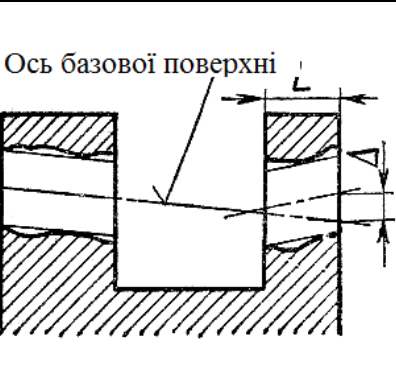
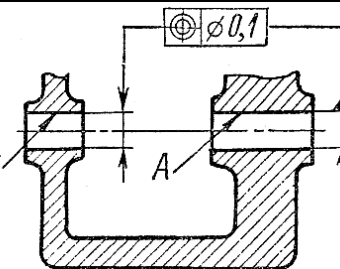

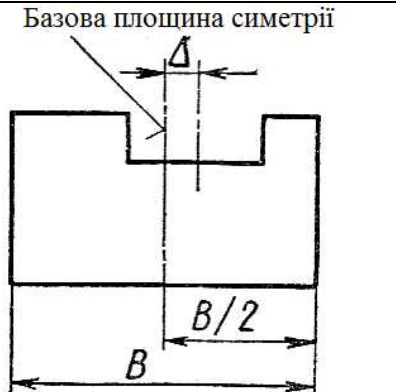
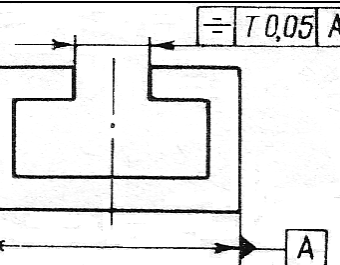
Відхилення від симетричності або *несиметричність* відноситься до двох площин або двох осей. Допуск симетричності умовно позначається таким знаком .

Приклади визначення відхилень розташування і нанесення допусків розташування на кресленнях подані в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Приклади визначення відхилень розташування і нанесення допусків розташування на кресленнях

Знак допуску	Приклади	
	Відхилення розташування поверхонь Δ	Нанесення допуску в кресленні з поясненням
1	2	3
		 <p>Допуск паралельності поверхні Б відносно поверхні А=0,01 мм</p>


Продовження таблиці 1.2

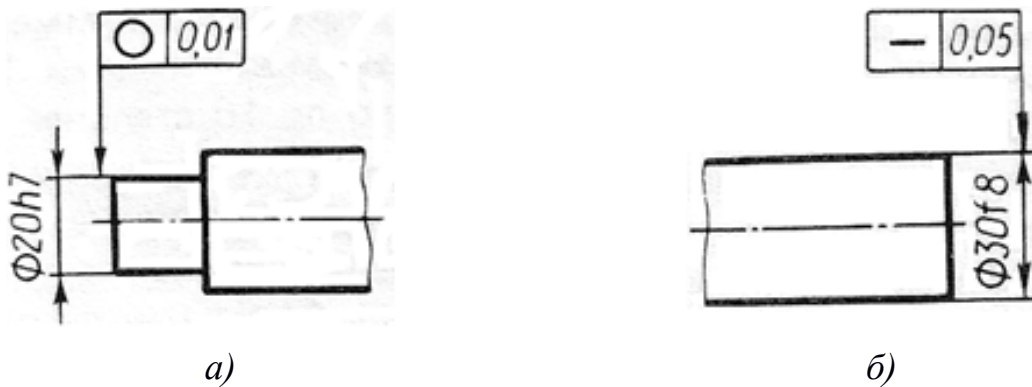
1	2	3
		 <p data-bbox="778 488 1294 607">Допуск перпендикулярності осі по-поверхні Б щодо поверхні А=Φ0,01 мм</p>
		 <p data-bbox="778 920 1294 1003">Допуск співвісності отвору Б щодо осі отвору А=Φ 0,1 мм</p>
		 <p data-bbox="778 1317 1294 1400">Допуск симетричності паза Т=0,05 мм. База – площина симетрії поверхні А</p>

Крім перелічених, є і деякі інші похибки обробки деталей, про які розповідається в спеціальній літературі (наприклад, *відхилення від перетину осей, зсув осі від номінального розташування* і т. д.).

Якщо допуск форми або розташування відноситься до поверхні або її профілю, то стрілка не повинна бути продовженням розмірної лінії (рис. 1.25, а). Якщо ж допуск відноситься до осі або до площини симетрії поверхні, то стрілка повинна бути продовженням розмірної лінії (рис. 1.25, б).

Для розглянутих вище відхилень розташування відхилення форми поверхні не враховуються.

Для *торцевого* і *радіального биття* одночасно враховуються відхилення розташування і форми. Допуск торцевого биття і допуск радіального биття умовно позначається таким знаком .



a – до поверхні; б – до осі

Рисунок 1.25 – Приклади позначення на кресленнях допуску форми

Приклади визначення відхилень торцевого і радіального биття, нанесення допусків на кресленнях подані в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Приклади визначення відхилень торцевого і радіального биття, нанесення допусків на кресленнях

Знак допуску	Приклади	
	Відхилення розташування поверхонь Δ	Нанесення допуску в кресленні з поясненням
	<p>Базова ось</p>	<p>Допуск торцевого биття поверхні Б щодо осі поверхні А дорівнює 0,1 мм на діаметрі 50 мм</p>
	<p>Базова ось</p>	<p>Допуск радіального биття поверхні В відносно загальної осі поверхонь А і Б дорівнює 0,1 мм</p>

1.6 Розрахунок посадок з натягом. Пряма і обернена задачі при розрахунку посадок

Посадки з натягом застосовуються для утворення нерухомих нероз'ємних (або роз'ємних тільки в окремих випадках при ремонті) з'єднань деталей, як правило, без додаткового кріплення цих деталей гвинтами, штифтами, шпонками і т. д.

Нерухомість з'єднання досягається за рахунок напружень, що виникають у матеріалі деталей, унаслідок деформації їх контактних поверхонь. Ці напруження перешкоджають відносному переміщенню деталей під дією зовнішнього навантаження, забезпечуючи тим самим нерухомість з'єднання.

Для утворення з'єднань з натягом у машинобудуванні застосовують такі методи:

- складання деталей під пресом (під впливом осьової сили) при нормальній температурі (температурі приміщення, де проводиться з'єднання деталей);
- складання з попереднім нагріванням деталі, що охоплює (отвору) або охолодженням деталі, яку охоплюють (вала), до певної температури, що забезпечує можливість складання;
- комбіноване термічне складання (одночасно охолодження вала і нагрів втулки);
- комбіноване силове і термічне складання (одночасно вплив осьової сили і нагрівання або охолодження відповідних деталей).

Розрахунок посадок з натягом виконується з метою забезпечення, поперше, міцності з'єднання, тобто відсутності зсувів сполучених деталей під дією зовнішніх навантажень (осьової сили P_{oc} , обертального моменту M_k або їх комбінації), по-друге, міцності деталей, що сполучаються.

У посадці розрізняють максимальний N_{max} , мінімальний N_{min} і середній N_c натяг.

Приклад графічного зображення посадки з натягом з відображенням на ньому максимального N_{max} і мінімального N_{min} натягів наведено в підрозділі 1.2.

Середній натяг N_c (вимірюється у міліметрах) розраховується за формулою

$$N_c = \frac{N_{max} + N_{min}}{2}. \quad (1.6)$$

Відносна нерухомість деталей з'єднання буде забезпечена, якщо в процесі роботи зовнішні навантаження не перевищуватимуть сил тертя на сполучених поверхнях вала і втулки.

Сила запресовування деталей, що складаються P_{oc} (вимірюється в ньютонах, килоньютонах), розраховується за формулою (рис. 1.26)

$$P_{oc} = f p \pi D l. \quad (1.7)$$

де f – коефіцієнт тертя при запресовуванні ($f = 0,085$ для деталей із сталей);

p – контактний тиск, МПа;

$\pi D l = S$ – площа поверхні контакту, мм².

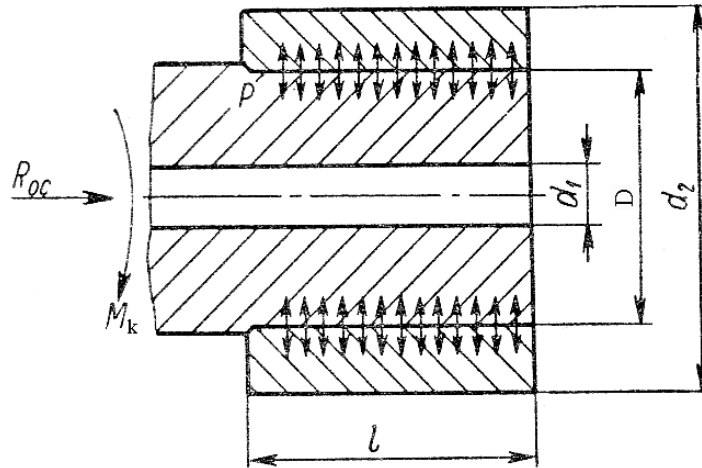


Рисунок 1.26 – Схема з'єднання двох деталей за посадкою з натягом

Обертальний момент M_k (вимірюється в ньютон-міліметрах, ньютон-метрах), який може забезпечити посадка з натягом, розраховується за формулою

$$M_k = \frac{1}{2} f p \pi D^2 l. \quad (1.8)$$

Контактний тиск (рис. 1.26) для з'єднання з натягом, у якому матеріал вала і втулки однаковий, а вал суцільний ($d_1 = 0$), визначається за формулою

$$p = \frac{N E d_2^2 - D^2}{D 2 d_2^2}, \quad (1.9)$$

де N – величина натягу в з'єднанні, мм;

E – модуль пружності втулки і вала (для сталі $E = 2,06 \cdot 10^{11}$ Па).

На практиці доводиться вирішувати 2 задачі (пряму і обернену).

Пряма задача

За заданою посадкою і геометричними розмірами з'єднання визначити осьову силу P_{oc} або крутний момент M_k , які це з'єднання може передавати без зміщення вала щодо втулки.

Порядок розв'язання прямої задачі

1. Виконати графічне зображення посадки (полів допусків вала і отвору), розрахувати величину середнього натягу N_c за формулою (1.6).
2. Розрахувати величину змінання контактної поверхні вала і втулки ΔN_{cm} за формулою

$$\Delta N_{cm} = 4(R_{a \text{ вал}} + R_{a \text{ втулка}}), \quad (1.10)$$

де $R_{a \text{ вал}}$ і $R_{a \text{ втулка}}$ – відповідно середнє арифметичне відхилення профілю вала і втулки (див. підрозд. 1.4).

3. Визначити фактичний середній натяг N_ϕ за формулою

$$N_\phi = N_c - \Delta N_{cm}. \quad (1.11)$$

4. Розрахувати величину контактного тиску p за формулою (1.9), підставивши замість натягу N натяг N_ϕ .
5. Розрахувати величину осьової сили P_{oc} за формулою (1.7) і оберտального моменту M_k за формулою (1.8).

Обернена задача

За заданою осьовою силою P_{oc} або обертальним моментом M_k розрахувати посадку, яка забезпечить передачу навантаження без зміщення даних елементів з'єднання.

Порядок розв'язання оберненої задачі

1. Використовуючи формулу (1.7) або формулу (1.8), визначити величину контактного тиску p у з'єднаннях.
2. Використовуючи формулу (1.9), визначити величину натягу N_ϕ .
3. З урахуванням припущення, що квалітет посадки, яку шукають, 6 або 7, визначити за формулою (1.10) величину змінання контактної поверхні вала і втулки ΔN_{cm} .
4. Виходячи з формули (1.11), визначити величину середнього натягу N_c .
5. За таблицею 1.4 підбираємо посадку (у мікрометрах), у якій величина середнього натягу N_c більше розрахованого.

Таблиця 1.4 – Величина середнього натягу для різних посадок

Розмір, мм	Посадка						
	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
18...30	18	24	31	37	48	59	82
30...50	22	30	39	47	65	89	124
50...65	27	36	48	62	87	122	172
65...80	27	38	54	70	102	146	220
80...100	31	45	60	85	124	178	258
100...120	31	48	73	98	145	220	320
120...150	35	56	85	115	170	245	365

Контрольні питання

1. Взаємозамінність. Повна і неповна (часткова) взаємозамінність. Подібність і відмінності.
2. Навести класифікацію поверхонь деталей.
3. Розміри. Номінальний, дійсний, найбільший і найменший граничні розміри.
4. Відхилення. Верхнє і нижнє граничні, дійсне і основне відхилення.
5. Основне відхилення, допуск, квалітет.
6. Допуск, поле допуску. Складові поля допуску. Навести приклади умовного позначення полів допусків.
7. Навести позначення граничних відхилень на кресленнях. Нульова лінія. Умовне графічне позначення полів допусків. Навести приклади.
8. Зазор, натяг. Номінальний розмір з'єднання. Посадка. Навести різні варіанти умовного позначення посадки на кресленнях.
9. Три групи посадок. Характерні риси кожної. Навести приклади умовного графічного позначення посадок кожної групи.
10. Система допусків і посадок. Дві системи допусків і посадок. Відмінності між ними. Яка з систем допусків і посадок застосовується частіше на практиці і чому?
11. Основний отвір і основний вал. Позначення. Посадки в системі отвору. Навести приклади умовного позначення посадок у системі отвору для кожної групи і умовне графічне позначення цих посадок.
12. Основний отвір і основний вал. Позначення. Посадки в системі вала. Навести приклади умовного позначення посадок у системі вала для кожної групи і умовне графічне позначення цих посадок.
13. Підшипники ковзання і кочення. Призначення. Побудова. Відмінності між ними.
14. Підшипники кочення. Класи точності підшипників. Види навантаження і режими роботи підшипників.

15. Позначення полів допусків кілець підшипників кочення. Навести приклади. Схема відносного розташування полів допусків кілець підшипників разом з полями допусків вала і отвору корпусу для класів точності підшипників 0 і 6.

16. Приклади умовного позначення посадок кілець підшипників. Навести ескіз «вал-підшипник-корпус» з умовним позначенням посадок кілець підшипників.

17. Шорсткість. Основні параметри шорсткості. Формули для визначення основних параметрів шорсткості. Позначення основних параметрів шорсткості на кресленнях. Навести приклади.

18. Три знаки параметрів шорсткості, що проставляються на кресленнях. Зв'язок між точністю виготовлення поверхонь деталей і їх шорсткістю.

19. Роз'ємні і нероз'ємні з'єднання. Навести приклади.

20. Шпонкові з'єднання. Призначення. Типи шпонок. Три виконання призматичних шпонок. Умовне позначення шпонки.

21. Шліцьове з'єднання. Призначення. Типи профілів зубів. Способи центрування маточини на валу в прямобочному зубчастому зачепленні. Умовне позначення шліцьового з'єднання.

22. Точність деталей за геометричними параметрами. Відхилення (похибка) форми і допуск форми. Прилегла поверхня і профіль. Яким чином у загальному випадку визначається відхилення форми?

23. Відхилення (похибка) розташування. Види баз. Яким чином визначається відхилення розташування? Навести приклади.

24. Види відхилень форми. Навести приклади креслень деталей з умовними позначеннями відхилень.

25. Види відхилень розташування. Навести приклади креслень деталей з умовними позначеннями відхилень.

26. Позначення допусків форми і розташування на кресленнях. Відмінності в позначенні допусків форми і розташування, що відносяться до осі (або площини симетрії) і поверхні (або її профілю).

27. Методи отримання з'єднань з натягом у машинобудуванні. Максимальний N_{\max} , мінімальний N_{\min} і середній N_c натяги. Розкрити їх зміст за допомогою умовного графічного зображення посадки з натягом.

28. З якою метою призначається посадка з натягом у з'єднанні і з якою метою виконується розрахунок посадок у з'єднанні? За рахунок чого забезпечується нерухомість з'єднання?

29. Вихідні дані і шукані параметри в прямій задачі розрахунку посадок з гарантованим натягом. Перерахувати порядок вирішення цього завдання.

30. Вихідні дані і шукані параметри в оберненій задачі розрахунку посадок з гарантованим натягом. Перерахувати порядок вирішення цього завдання.

2 МЕХАНІЧНА ОБРОБКА

2.1 Механічна обробка. Термічна обробка. Основні поняття. Режими різання

Механічна обробка

Механічній обробці піддається велика частина деталей машин у машинобудуванні (за винятком деталей, отриманих у процесах листового і холодного об'ємного штампування). Ці деталі отримують з таких заготовок: прокату, поковок, виливків (великих деталей, наприклад, корпусів редуктора) і т. д.

Механічна обробка здійснюється на спеціальному обладнанні, званому верстатами, і за допомогою спеціального інструменту, наприклад: токарного різця, свердла, фрези і т. д.

Процес обробки різанням заснований на утворенні нових поверхонь шляхом деформування і подальшого відділення поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки. Та частина металу, яка знімається при обробці, називається *припуском*, тобто припуск – це надлишковий (понад креслярського розміру) шар заготовки, що залишається для зняття (видалення) різальним інструментом при обробці різанням. Після зняття припуску на металорізальних верстатах оброблювана деталь набуває форми і розмірів, відповідних робочому кресленню деталі.

Залежно від характеру виконуваних робіт і виду різального інструменту розрізняють такі методи обробки металів різанням (рис. 2.1): точіння, фрезерування, протягування, стругання, довбання, свердління, шліфування та ін.

Термічна обробка

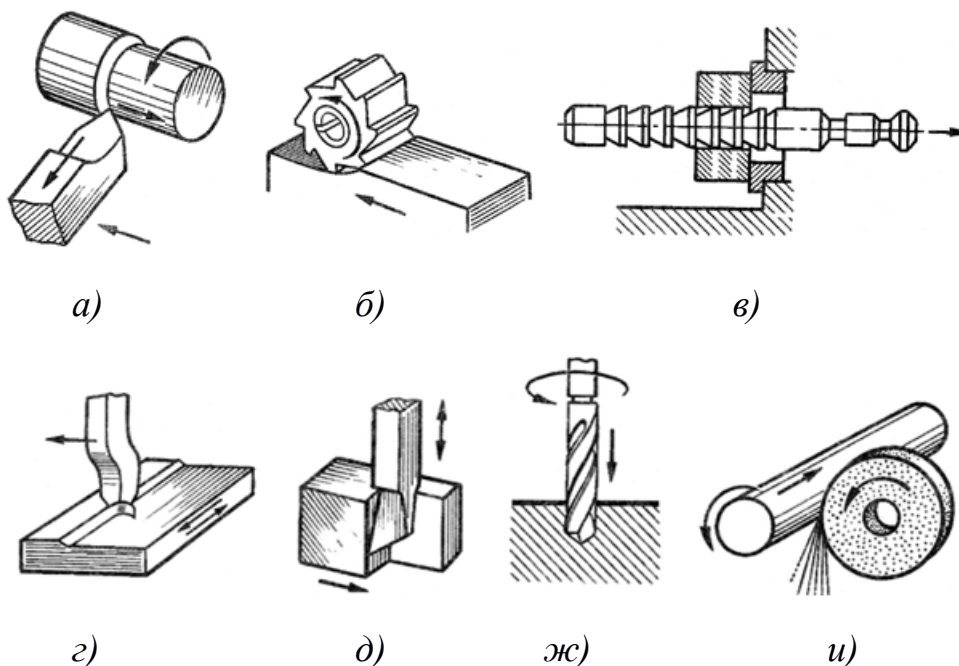
Термічна обробка полягає у зміні структури і властивостей матеріалу заготовки внаслідок теплових впливів. Цей процес включає три стадії, які проходять одна за одною: нагрів до певної температури; витримка при заданій температурі; охолодження з різною швидкістю від максимальної температури до кімнатної.

Щоб отримати необхідні якості, сталь піддають різним видам термічної обробки: відпалу, нормалізації, загартуванню та відпуску.

Відпал

Метою відпалу є усунення дефектів структури (після лиття, кування і т. д.) і зниження твердості. На третій стадії цієї термічної обробки деталі (поковки) повільно охолоджуються разом з піччю. У результаті змінюється форма і розміри зерен структури сталі, усувається неоднорідність її хімічного складу, зменшуються внутрішні напруження, поліпшуються властивості

сталі, а, отже, її краще оброблювати різанням. Сталь після відпалу набуває помірної міцності, низької твердості, високої пластичної властивості.



*а – точення; б – фрезерування; в – протягування;
г – стругання; д – довбання; ж – свердління; и – шліфування*

Рисунок 2.1 – Методи обробки металів різанням

Нормалізація

Мета нормалізації така сама, як і у відпалі. На третій стадії цієї термічної обробки деталі (поковки) швидко охолоджуються на повітрі. У результаті структура сталі стає більш дрібнозернистою, ніж при відпалі. Нормалізації піддають виливки і поковки. Цей вид термічної обробки поширений у машинобудуванні більше, ніж відпал, тому що він більш економічний.

Загартування

Загартування з наступним відпуском підвищує міцність і твердість, а для нержавіючих сталей – антикорозійну стійкість. На третій стадії цієї термічної обробки деталі (поковки) швидко охолоджуються у воді, маслі, розчинах солей і т. д. Загартування – найбільш поширений вид термічної обробки. Гартують зубчасті колеса, пружини, різці, зубила, вали, фрези і багато інших виробів і інструменти.

Відпустка

Основне призначення цієї операції – зменшення твердості, збільшення пластичності і в'язкості. На третій стадії цієї термічної обробки деталі (поковки) відносно повільно охолоджуються на повітрі, у воді, маслі або в будь-якому іншому середовищі. Відпустка здійснюється після загартування. При цьому деталі (поковки) нагрівають в печі до температури 200, 400 або 600°C.

Процес виготовлення деталей механічною обробкою із залученням термічної обробки складається з таких етапів:

- з заготовки виготовляється напівфабрикат, розміри якого більше розмірів деталі на 1...3 мм. Перевищення розмірів напівфабрикату на цю величину необхідно для того, щоб врахувати частину металу, яка окислиться при термообробці і піде в відхід (стружку) при подальшій обробці;
- термообробка для отримання необхідних властивостей (наприклад, загартування з відпусткою);
- остаточна механообробка (видалення залишеного припуску в 1...3 мм) і отримання деталі з розмірами згідно з кресленням.

Основними параметрами режиму різання є:

- 1) глибина різання t (у міліметрах) – глибина впровадження інструменту в заготовку;
- 2) подача s (у міліметрах), характеризує величину, на яку зміщується інструмент при кожному новому проході в порівнянні з попереднім;
- 3) швидкість різання V (у міліметрах за секунду) – швидкість переміщення інструмента щодо заготовки або навпаки.

2.2 Метали і сплави, які застосовуються для механічної обробки і зварювання

У машинобудуванні чисті метали майже не застосовуються, а використовують їх сплави. Метали і сплави поділяють на чорні (метал-залізо і сплави на основі заліза і вуглецю – чавун і сталь) і кольорові (метал-мідь, алюміній, цинк, свинець, олово і сплави-латунь, бронза).

Сталі поділяються:

- за хімічним складом на вуглецеві і леговані;
- за призначенням (застосуванням) на конструкційні, інструментальні, пружинні, автоматні, ливарні і т. д.

Кожен сплав складається з декількох елементів. Усі елементи, що знаходяться в сплаві, можна поділити на потрібні і непотрібні. Потрібні елементи – це ті, які неодмінно повинні бути в сплаві і без яких сплав не має необхідних властивостей. Такі елементи заведено називати **компонентами**. Решта або непотрібні елементи називають **домішками**.

Компоненти цілеспрямовано вводять до сплаву, а домішки в більшості випадків потрапляють як вкрай небажані елементи і є неминучими супутниками вихідних шихтових матеріалів, металів, палива, цегляної футеровки металургійних печей і т. д.

Вуглецеві сталі

У вуглецевої сталі важливим елементом є вуглець. Він більше за інших компонентів впливає на фізико-механічні властивості сплаву. Домішки

(кремній, фосфор і сірка) – постійні супутники в процесі виплавки сталі, потрапляють до неї з руд.

Вуглецеві сталі поділяють за кількома ознаками:

- за способом виробництва сталі – на конверторну (найбільш гіршої якості), мартенівську, електросталь (найбільш високої якості);
- за способом розкислення сталі – на киплячу (раскислена тільки марганцем), спокійну (раскислена усіма трьома елементами – марганцем, кремнієм і алюмінієм), напівспокійну (раскислена тільки марганцем і кремнієм).

Розкисленням називається процес видалення з рідкої сталі кисню (O_2);

- за якістю сталі – на сталь звичайної якості, якісну і високоякісну.
- При цьому головною ознакою є вміст шкідливих домішок.

Сталь звичайної якості

Сталі звичайної якості поділяються на групи А (поставляється за механічними властивостями), Б (поставляється за хімічним складом) і В (поставляється за механічними властивостями з додатковими вимогами за хімічним складом).

Сталь групи А маркується літерами «Ст» і цифрами (від 0 до 6). Чим вище число, тим вище міцність і твердість і нижче пластичність. Характер сталі за раскисленням позначається (скорочено): кп, сп, пс.

Наприклад: Ст0кп, Ст3пс.

Сталь групи Б маркується спочатку буквами «М», «К», «Б» (мартенівська, конверторна, бесемерівська), а потім буквами «Ст» і цифрами.

Поставляється металургійними заводами з гарантованим хімічним складом з вуглецю, марганцю, кремнію, сірці і фосфору.

Наприклад: КСт3пс – сталь звичайної якості, конверторного виробництва з гарантованим хімічним складом, 3 група, напівспокійна.

При цьому, чим вище число, тим вищий вміст у сталі вуглецю, але цифра на вміст вуглецю не вказує.

Сталь групи В виготовляється мартенівським способом і маркується спочатку буквою «В», а потім буквами «Ст» і цифрами.

Наприклад: ВСт2, ВСт3, ВСт5кп.

У цьому випадку механічні властивості сталі відповідають властивостям сталі групи А цього самого номера, а хімічний склад сталі групи Б цього самого номера, але мартенівського виробництва.

Сталь якісна

Якісні сталі мають меншу кількість неметалевих включень, у них менше домішок і тому вони мають більш високі механічні та інші експлуатаційні властивості. Застосовуються для виготовлення відповідальних деталей машин (вали, осі, зубчасті колеса і т. д.).

Ці сталі маркуються двозначним числом, яке показує середній вміст вуглецю в сотих частках у відсотках.

Наприклад: 05кп, 10кп, 10, 15, 20...55.

Якщо в позначенні марки сталі поруч з числом стоїть буква Г (наприклад, 65Г), то це означає, що в сталі є марганець.

Сталь високоякісна

Для позначення високоякісної сталі використовується буква «А» в кінці марки сталі. Високоякісні вуглецеві сталі використовуються для виготовлення інструментів.

Інструментальні високовуглецеві сталі

Служать для виготовлення різального, вимірювального, бурового та іншого інструменту.

Високовуглецеві інструментальні сталі маркуються буквою «У» (вказує на те, що сталь вуглецева) і цифрами, що позначають вміст вуглецю в десятих частках у відсотках.

Наприклад: У7, У8, У13.

Для позначення високоякісної сталі в кінці марки сталі записується буква «А».

Наприклад: У7А, У13А і т. д.

Якщо ж буква «А» відсутня, то сталь просто якісна. Як правило, інструментальні сталі, особливо високоякісні, виплавляються в електричних печах. З них виготовляють мітчики, матриці, пуансони і т. д.

Леговані сталі

Легована сталь, крім звичайних домішок (кремнію, марганцю, сірки і фосфору), містить ряд легуючих елементів. Їх спеціально вводять до сталі в момент плавки для отримання певних заданих властивостей. До них відносяться: нікель (позначається умовно при маркуванні сталі буквою «Н»), вольфрам (В), молібден (М), титан (Т), ванадій (Ф), алюміній (Ю), мідь (Д), кобальт (К), бор (Р), кремній (С), марганець (Г), ніобій (Б), фосфор (П), хром (Х). Легуючі елементи змінюють як механічні, так і фізичні властивості сталі.

Леговані конструкційні сталі

Конструкційні сталі служать для виготовлення різних інженерних конструкцій, деталей машин, верстатів і багатьох інших виробів (станини, вали, пружини, шестерні, шатуни і т. д.).

Поділяються на якісні (15Х, 20Х, 18ХГ, 15ХФ, 15ХМ і т.д.) і високоякісні (38ХА, 20ХН3А, 35ХГСА і т.д.) сталі.

У маркуванні легованих сталей цифри перед першою буквою вказують на середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка, цифри після букв – на приблизний процентний вміст відповідного легуючого елемента в цілих одиницях. Якщо цифри після букви немає, значить вміст даного легуючого елемента приблизно дорівнює 1 % (менше 2 %). Марки високоякісної сталі містять у кінці позначення букву «А».

Наприклад: 20ХГСА – легована конструкційна сталь, що містить 0,2 % вуглецю і близько 1 % хрому, марганцю, кремнію.

Швидкорізальні сталі

Ці сталі відносяться до групи легованих інструментальних сталей. Вони мають червоностійкість, тобто здатність не втратити різальних властивостей при нагріванні до температури 600...700⁰С. Швидкорізальні сталі здатні різати метал зі швидкістю в 3...4 рази вище допустимої для вуглецевих інструментальних сталей.

Основними легуючими елементами швидкорізальної сталі є вольфрам, хром і ванадій.

Швидкорізальної сталі маркуються літерою «Р» і цифрами після цієї букви, що вказують на середній вміст вольфраму в цілих відсотках. У найпоширеніших марок (Р6, Р9, Р12, Р18) вміст інших елементів не позначається.

Якщо в маркуванні швидкорізальної сталі крім букви «Р» зустрічаються і інші літери, а після них цифри, то в цьому випадку букви і цифри розшифровуються, як в маркуваннях легованих конструкційних сталей.

Тверді сплави

Тверді спечені сплави – це особливо тверді і зносостійкі матеріали.

Різальні властивості інструментів, виготовлених з твердого сплаву, порушуються лише при температурі 1 000 °С. Тому різальний інструмент, оснащений пластинками з твердого сплаву, може працювати в кілька разів продуктивніше, ніж такий самий інструмент з швидкорізальної сталі.

Тверді сплави складаються в основному з карбідів вольфраму, молібдену, хрому, титану та інших металів, а також чистого кобальту, що зв'язує кристали цих карбідів. В їх маркуванні буква «В» позначає карбід вольфраму, «Т» – карбід титану, «К» – кобальт, цифри за букви відображають вміст даного компонента у відсотках. Вміст карбіду вольфраму як основного компонента цифрою не позначається. Так, сплав ВК6 містить 6 % кобальту і 94 % карбіду вольфраму; сплав Т15К6 – 15 % карбіду титану, 6 % кобальту і 79 % карбіду вольфраму.

Кольорові метали та їх сплави

Умовне позначення літерами елементів при маркуванні кольорових металів: А – алюміній, Б – берилій, Ж – залізо, К – кремній, Мг – магній, Мц – марганець, М – мідь, Н – нікель, О – олово, С – свинець, Ц – цинк, Х – хром.

Застосовують кольорові метали головним чином у вигляді сплавів. Найбільш широке поширення в машинобудуванні отримали сплави алюмінію і міді.

Алюмінієві сплави

Алюмінієві сплави поділяються на ливарні і оброблювані тиском.

Основною спеціальною добавкою ливарних сплавів є кремній (маркування сплаву – АЛ2), магnezій (АЛ8), мідь (АЛ12) або різні комбінації цих елементів (АЛ4, АЛ9 і ін.).

Так, в алюмінієвому ливарному сплаві АЛ4 буква «А» означає алюміній, буква «Л» – ливарний, цифра 4 – порядковий номер сплаву.

До алюмінієвих сплавів, оброблюваних тиском, відносяться дуралюміні – це сплави алюмінію з міддю, магнієм, марганцем, кремнієм і залізом (маркування сплавів - Д1 і Д16) і сплави АМг2, АМг4 і АМц, у яких цифри відображають лише номер сплаву.

Мідні сплави

До мідних сплавів відносять латуні (сплави міді з цинком) і бронзи.

Латуні маркуються буквою «Л» і цифрою, яка позначає вміст міді в цілих відсотках.

Існує сім марок звичайних латуней (Л99, Л90, Л85, Л80, Л70, Л68, Л62) і різні спеціальні латуні (ЛС64-2, ЛК80-3, ЛМЖ 55-3-1).

Наприклад: марка Л63 містить 63 % міді, 37 % цинку і домішок.

Бронзи поділяються на олов'яні (сплав міді з оловом) і безолов'яні (сплав міді з іншими елементами).

Бронзи маркуються буквами «Бр» і подальшими буквами елементів. Цифри відображають середній вміст елементів у відсотках.

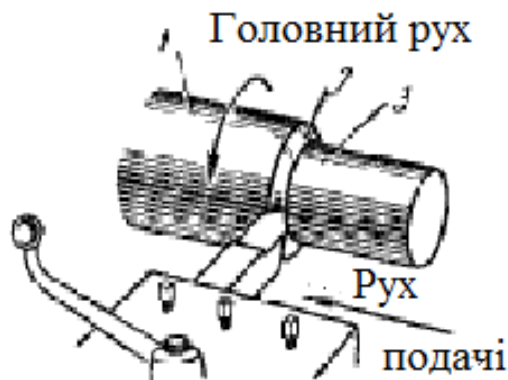
Так, олов'яна бронза БрОЦСН 3-7-5-1 ДОСТ 613-79 містить 3 % олова, 7 % цинку, 5 % свинцю, 1 % нікелю, а решта 84 % – мідь.

Безолов'яна бронза БрАЖН 10-4-4 ДОСТ 18175-78 містить 10 % алюмінію, 4 % заліза, 4 % нікелю, а решта 82 % – мідь і домішки.

2.3 Точіння. Обладнання та інструмент. Режими різання

Точіння – операція обробки різанням тіл обертання, гвинтових і спіральних поверхонь за допомогою різців на верстатах токарної групи.

Для здійснення процесу різання необхідно мати два рухи – головний рух різання і рух подачі (рис. 28). Головний рух при точінні – це обертальний рух оброблюваної заготовки. Рух подачі при точінні – повільне поступальне переміщення в поздовжньому або поперечному напрямку різального інструменту (різця) і призначене для того, щоб поширити відділення шару матеріалу на всю оброблювану поверхню (або на необроблені ділянки заготовки).



1 – оброблювана поверхня; 2 – поверхня різання; 3 – оброблена поверхня

Рисунок 2.2 – Види руху і види поверхонь при точінні

При різанні металу токарним різцем розрізняють три види поверхонь (рис. 2.2): 1 – оброблювану, 2 – поверхню різання, 3 – оброблену.

Обладнання

До верстатів токарної групи можна віднести: токарні, токарно-гвинторізні, карусельні, багаторізцові, токарно-револьверні, токарні автомати, напівавтомати і ін.

Токарно-гвинторізний верстат – універсальний, тому що застосовується для виконання самих різноманітних токарних робіт.

Цей верстат, як правило, складається з таких основних частин (рис. 2.3):

- станини, у лівій нижній частині якої встановлено електродвигун;
- передньої бабки, встановленої з лівого боку станини. У ній розташовується коробка швидкостей для зміни частоти обертання веденого вала (шпінделя). На шпіндельному валу нагвинчений або трикулачковий патрон, або планшайба з повідцем, або центр. У них кріпиться оброблювана заготовка;
- задньої бабки. У конус пінолі задньої бабки можна вставляти або упорний центр для підтримки другого кінця оброблюваної довгої деталі, або інструменти для обробки отворів – свердла, зенкери, розгортки;
- супорта, на санчатах якого встановлений поворотний різцетримач для закріплення різців, що обробляють заготовку.

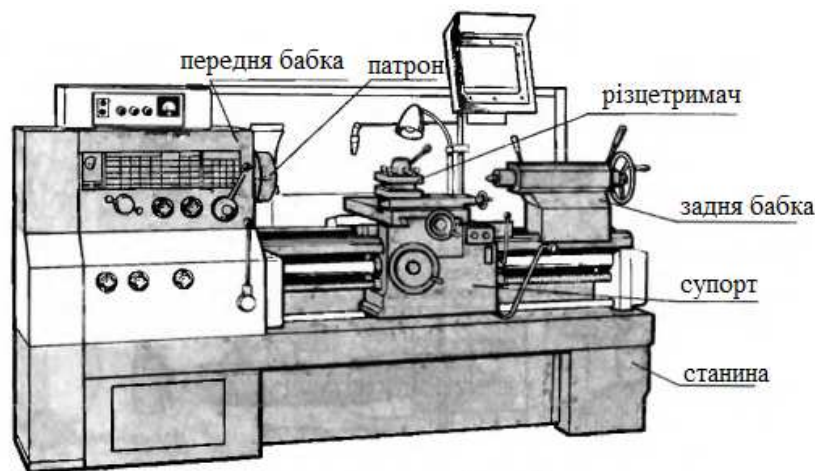
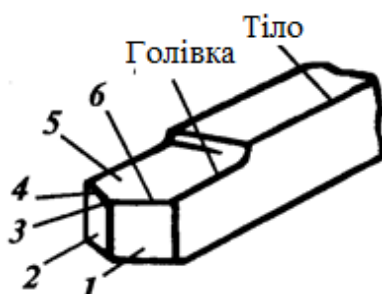


Рисунок 2.3 – Токарно-гвинторізний верстат

Інструмент

На токарних верстатах можна виконувати найрізноманітніші роботи: обточувати зовнішні і розточувати внутрішні циліндричні, конічні і фасонні поверхні обертання, прорізати канавки, підрізати торці, свердлити, зенкерувати, зенкувати, розгортати отвори, накатування і ін. Для верстатів токарної групи основним інструментом є різці, для обробки отвору – свердла, зенкери, розгортки, а для накатування – різці, мітчики і плашки.

Токарний різець (рис. 2.4) являє собою стрижень прямокутного або квадратного перерізу (тіло різця), за допомогою якого різець кріпиться в різцетримачі, робоча частина якого (головка) має різальні кромки у формі клина і безпосередньо бере участь у відділенні зрізаного шару металу.



- 1 – головна задня поверхня; 2 – допоміжна задня поверхня;
 3 – вершина різця; 4 – допоміжна різальна кромка;
 5 – верхня передня поверхня; 6 – головна різальна кромка

Рисунок 2.4 – Елементи токарного різця

Основними елементами токарного різця є (рис. 30): 1 – головна задня поверхня; 2 – допоміжна задня поверхня; 3 – вершина різця; 4 – допоміжна різальна кромка; 5 – верхня передня поверхня, по якій сходить стружка і яка в перетині з головною задньою поверхнею 1 утворює різальну кромку 6.

Різці характеризуються розмірами за висотою H , шириною B і довжиною L (рис. 2.5).

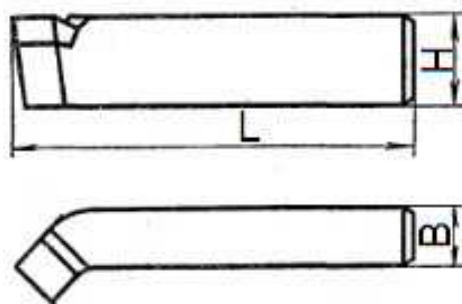


Рисунок 2.5 – Два види токарного різця

Токарні різці підрозділяються за характером роботи, за матеріалом різальні частини, за конструкцією або способом виготовлення, за напрямком подачі, за формою головки, за призначенням.

За характером роботи різці поділяються на чорнові і чистові.

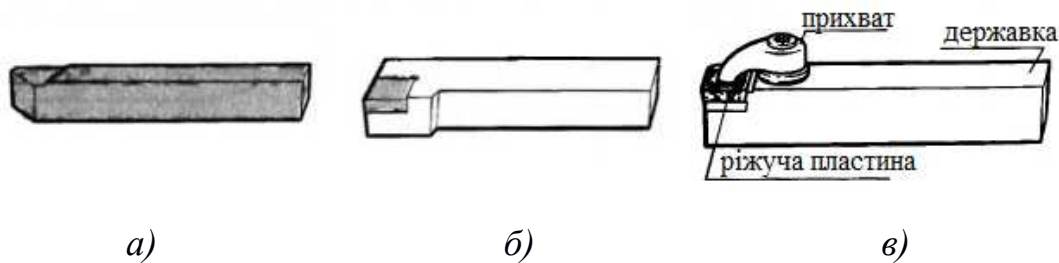
Чорнові різці використовуються для попереднього обточування деталей, під час якої знімається найбільша частина припуску. Тому ці різці мають таку форму, при якій забезпечується максимальна продуктивність верстата. Чистота обробленої поверхні, а також дотримання точних розмірів деталі при цьому не потрібно.

Чистові різці застосовуються для остаточної обробки деталей. Припуски, які знімаються в цьому випадку, звичайно невеликі. Основна вимога до чистового різця, – це забезпечення необхідної чистоти обробленої поверхні.

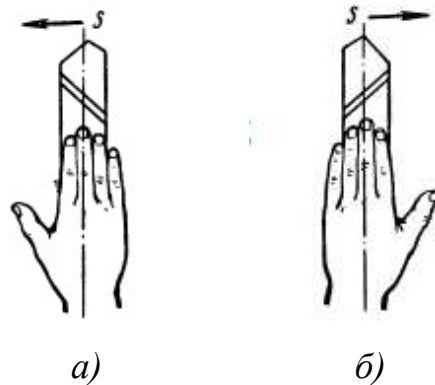
Для виготовлення різального інструменту застосовують такі інструментальні матеріали: вуглецеві, леговані, швидкорізальні сталі; тверді сплави; мінералокераміку; штучні алмази; синтетичні матеріали (композити, гексоміти) і ін.

За конструкцією або способом виготовлення розрізняють (рис. 2.6) різці цільні, з нерознімним кріпленням різальної частини різця до його стрижня (наварні, напайні) і з механічним кріпленням (збірні).

У напрямку подачі різці поділяються на праві і ліві (рис. 2.7). Правими називають різці, якими працюють при подачі справа наліво, і у яких головна різальна кромка розташована зліва. Лівими називають різці, якими працюють при подачі зліва направо, а головна різальна кромка лівих різців розташована праворуч.



а – цільні; б – наварні, напайні; в – збірні
Рисунок 2.6 – Конструкції токарних різців



а – правого, б – лівого
Рисунок 2.7 – Визначення різців

За формою головки різці поділяються на прямі і відігнуті. Прямими називають різці, у яких вісь різця в плані пряма, відігнутими (рис. 2.8) – різці, у яких вісь різця в плані відігнута вправо або вліво.

За призначенням різці (рис. 2.9) поділяють на: 1 – прохідні; 2 – прохідні відігнуті; 3 – підрізні; 4 – відрізні; 5 – розточувальні; 6 – канавочні; 7 – нарізні; 8 – фасонні.

Прохідні різці 1 і 2 застосовують для зовнішнього точіння деталей з поздовжньою подачею.

Підрізні торцеві різці 3 застосовують для обробки торцевих поверхонь.

Відрізні різці 4 служать для відрізання обробленої деталі.

Розточувальні різці 5 застосовують для розточування отворів.

Канавочні різці 6 використовують для прорізання прямокутної канавки певної ширини.

Нарізні різці 7 застосовують для нарізування зовнішньої і внутрішньої різі.

Фасонні різці 8 використовують для обробки різних фасонних поверхонь.

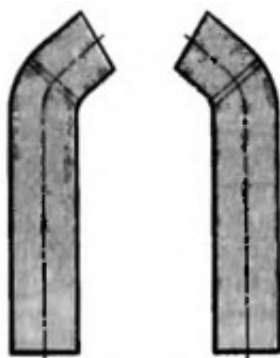


Рисунок 2.8 – Правий і лівий відігнуті різці

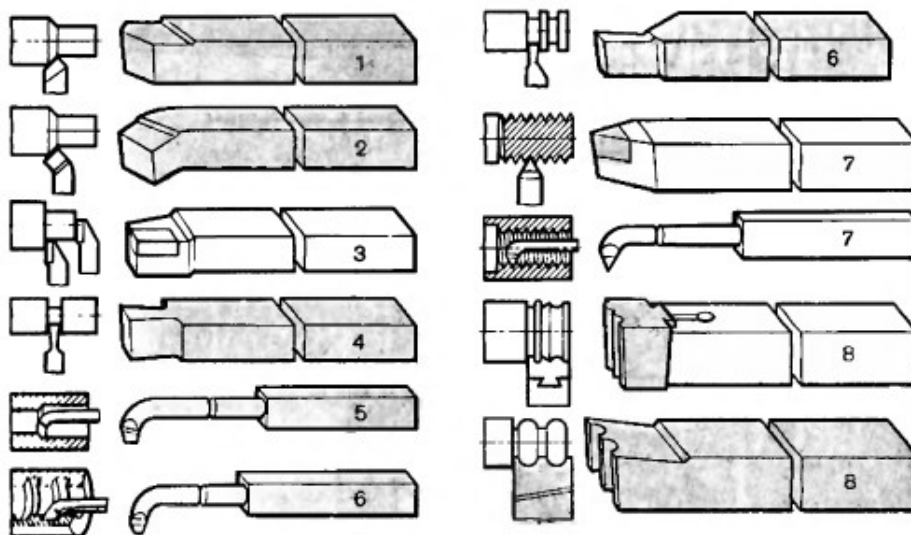


Рисунок 2.9 – Види різців за призначенням

Основні елементи режиму різання при точінні

Основними елементами режиму різання при точінні є (рис. 2.10): глибина різання t , подача S , ширина b і товщина a стружки, швидкість різання V .

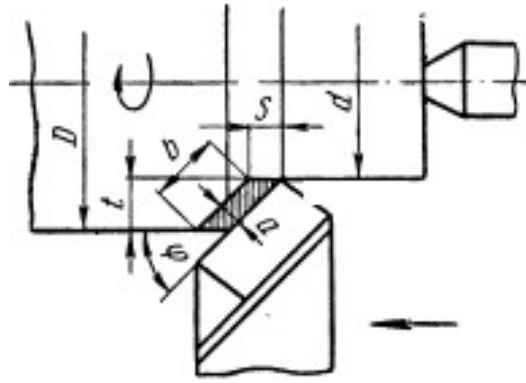


Рисунок 2.10 – Елементи режиму різання при токарній обробці

Глибина різання t – товщина шару металу, що знімається за один робочий хід (прохід). Визначається перпендикулярно до оброблюваної поверхні заготовки $t=(D-d)/2$ і вимірюється у *міліметрах*.

Подача S – величина переміщення різця за один оборот оброблюваної заготовки. Вона вимірюється у *міліметрах за один оберт* заготовки.

Залежно від напрямку, в якому переміщається різець при точінні щодо осі центрів верстата, розрізняють: подовжню подачу (уздовж осі центрів); поперечну подачу (перпендикулярно до осі центрів); похилу подачу (під кутом до осі центрів при точінні конічної поверхні).

Ширина шару, що зрізається, b – довжина сторони перетину зрізаного шару у *міліметрах*.

Товщина шару, що зрізається, a – відстань між двома послідовними положеннями різальної кромки за один оберт деталі, що вимірюється перпендикулярно до ширини зрізу у *міліметрах*.

Швидкість різання V – шлях, який проходить різальна кромка інструмента щодо оброблюваної поверхні за одиницю часу. Вимірюється в *метрах за хвилину*.

Режими різання взаємопов'язані.

2.4 Група свердлильних операцій: свердління, зенкерування, розгортання, зенкування. Обладнання та інструмент. Режими різання

Більшість деталей машин і механізмів має круглі отвори.

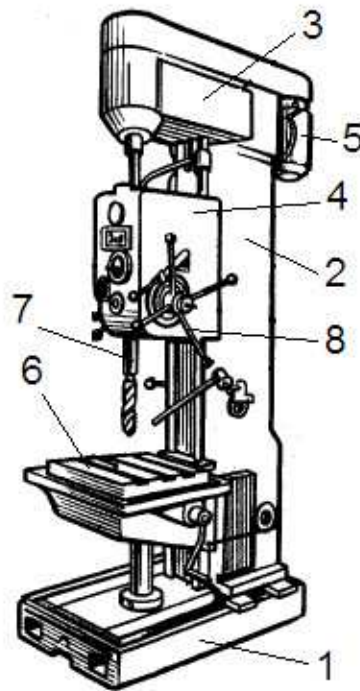
Отвори можна класифікувати таким чином:

- за призначенням, точності – на неточні, кріпильні і точні, посадкові;
- за формою – на наскрізні і глухі, циліндричні, конічні і різьбові;
- за розташуванням – на співвісні, паралельні, з пересічними або непересічними осями;
- за глибиною – на глибокі отвори ($L/D \geq 10$) і не глибокі отвори ($L/D < 10$).

Обладнання

Свердлильні верстати застосовуються для свердління отворів і подальшої обробки поверхонь. Залежно від розташування шпинделя свердлильні верстати поділяються на вертикальні, горизонтальні, радіальні та ін. До верстатів свердлильної групи також відносяться: радіально-свердлильні, багатошпиндельні свердлильні, розточувальні (горизонтально-розточувальні, координатно-розточувальні) і т. д.

Вертикально-свердлильний верстат сучасної конструкції (рис. 2.11) включає підставку 1, колону 2, коробку швидкостей 3, коробку подач 4, електродвигун 5 і стіл 6, на якому встановлюють оброблювану деталь.



1 – підставка; 2 – колона; 3 – коробка швидкостей; 4 – коробка подач;
5 – електродвигун; 6 – стіл; 7 – шпиндель;
8 – штурвал ручного підйому і опускання шпинделя
Рисунок 2.11 – Вертикально-свердлильний верстат

У цих верстатах рух різання і рух подачі отримує шпиндель 7 з різальним інструментом завдяки штурвалу ручного підйому і опускання шпинделя 8. Для суміщення осі шпинделя з віссю оброблюваного отвору необхідно вручну переміщати оброблювану деталь на столі верстата. Тому ці верстати успішно можуть застосовуватися тільки для обробки порівняно неважких і компактних деталей.

Конструкція радіально-свердлильних верстатів спеціально пристосована для обробки отворів у великогабаритних і важких деталях, тому що дозволяє при нерухомо закріпленій на столі або на основній плиті верстата деталі поєднувати осі оброблюваних отворів з віссю шпинделя за рахунок

переміщення шпindelної бабки і повороту колони з траверсою. Крім цього додаткові вузли в конструкції універсальних радіально-свердлильних верстатів дозволяють встановити вісь шпинделя під будь-яким кутом у просторі для свердління похилих отворів.

Свердлильні верстати дозволяють проводити обробку отворів порівняно невеликого діаметра – до 80...1 000 мм. Водночас при виготовленні великих машин часто зустрічається необхідність в обробці отворів у корпусних деталях діаметром до декількох метрів. Свердлильні верстати не пристосовані також для обробки точних отворів, до яких висуваються строгі вимоги щодо прямолінійності осі і розташування щодо інших поверхонь деталей.

Для вирішення цих завдань найбільш пристосованими є розточувальні верстати.

Горизонтально-розточувальні верстати є найбільш універсальними з усієї групи свердлильних верстатів. На них, крім операцій, для яких пристосовані звичайні свердлильні верстати, можна також робити розточування отворів, підрізування різцем зовнішніх і внутрішніх торців, розточування внутрішніх канавок, розвальцювання, а також усі фрезерні операції.

Операції і інструмент

Різальним інструментом будь-якого свердлильного верстата є: свердло, зенкер, розгортка, зенковка і ін.

Свердління

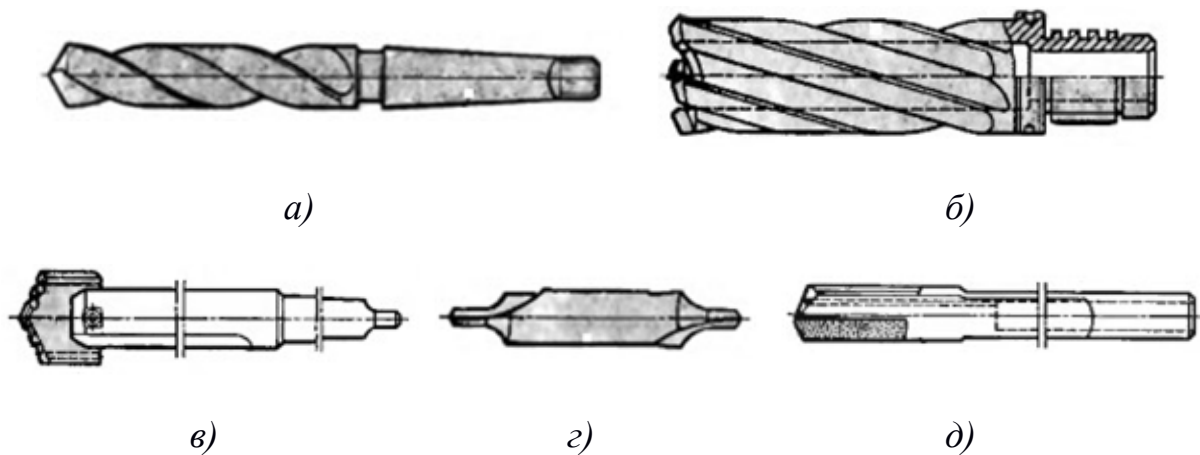
Свердла бувають різних типів:

- *спіральне з циліндричним або конічним хвостовиком*. Свердління (рис. 2.12) отворів діаметром до 80 мм у заготовці здійснюється за допомогою спіральних сверدل (рис. 2.12, а). Для свердління отворів діаметром понад 80 мм застосовують свердла спеціальних конструкцій (зокрема, пустотілі кільцеві свердла, рис. 38, б);

- *перове* (рис. 2.12, в). Використовується для свердління отворів в виливках. Це свердло простіше у виготовленні, ніж спіральне, але незначно поступається йому в продуктивності і точності свердління;

- *центрувальне* (рис. 2.12, г). Застосовується для отримання на торці деталі спеціального отвору, точно збігається з віссю деталі і використовується в подальшому для центрування цієї деталі;

- *гарматне, рушничне* (рис. 2.12, д). Ці свердла застосовують для свердління глибоких отворів у валах, шпинделях, у стовбурах гвинтівок і гармат (у них $L/D \geq 10$). Точність свердління такими свердлами вельми висока.

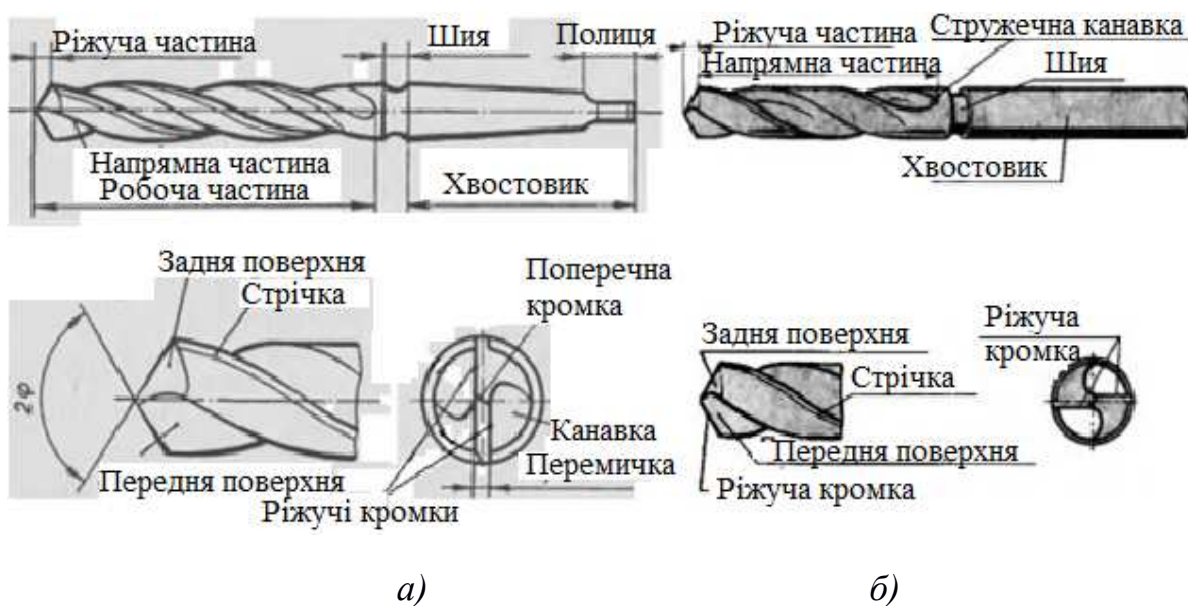


*а – спіральне; б – порожнисте кільцеве;
в – перове; г – центрувальне;
д – гарматне, рушничне*
Рисунок 2.12 – Типи свердел

Однак найчастіше на виробництві і в побуті використовуються спіральні свердла.

Спіральні свердла

Спіральні свердла складається (рис. 2.13) з робочої частини, хвостовика і шийки.



а – з конічним хвостовиком; б – з циліндричним хвостовиком
Рисунок 2.13 – Елементи спірального свердла

Торець робочої частини, на якому розташовані дві різальні кромки, називається різальною частиною свердла. Кут між різальними крайками (кут при вершині 2φ) залежить від оброблюваного матеріалу: алюміній – 140° , латунь – $100...110^\circ$, чавун і сталь – $116...118^\circ$. На робочій частині

свердла є дві спіральні канавки (ними стружка виводиться з отвору заготовки). Хвостовик свердла служить для закріплення його в шпинделі або патроні свердлильного верстата. Хвостовик може мати конічну (рис. 39, а) або циліндричну (рис. 39, б) форму. Конічні хвостовики виконуються за стандартом (конус Морзе №1, 2 і т. д.). Конус точно центрує інструмент щодо осі шпинделя і передає обертовий момент від шпинделя до інструменту, а лапка не дозволяє інструменту обертатися в конусі шпинделя.

Для виготовлення свердел застосовують такі інструментальні матеріали: вуглецеві інструментальні сталі марок У10А і У12А; сталь 9ХС, швидкорізальні сталі Р9, Р18, Р6М5 Р6М5К5 і т. д., спечені тверді сплави ВК6, ВК8, Т15К6, ВК15М і т. д.

Основні елементи режиму різання при свердлінні

Основними елементами режиму різання при свердлінні є глибина різання t , подача S , швидкість різання V .

Глибиною різання t під час свердління отворів є відстань від стінки отвору до осі свердла (тобто радіус свердла). Визначається глибина різання в міліметрах шляхом поділу діаметра отвору навпіл.

Подачею S при свердлінні називається переміщення свердла вздовж осі за один його оберт і вимірюється міліметрах за оберт. Свердло має дві головні різальні кромки. Тому величина подачі S_z на одну різальну кромку обчислюється за формулою: $S_z=S/2$.

Швидкість різання V – це шлях, який проходить у напрямку головного руху найбільш віддалена від осі інструменту точка різальної кромки за одиницю часу. Вимірюється в метрах за хвилину і розраховується за формулою

$$V=\pi Dn/1\ 000, \quad (2.1)$$

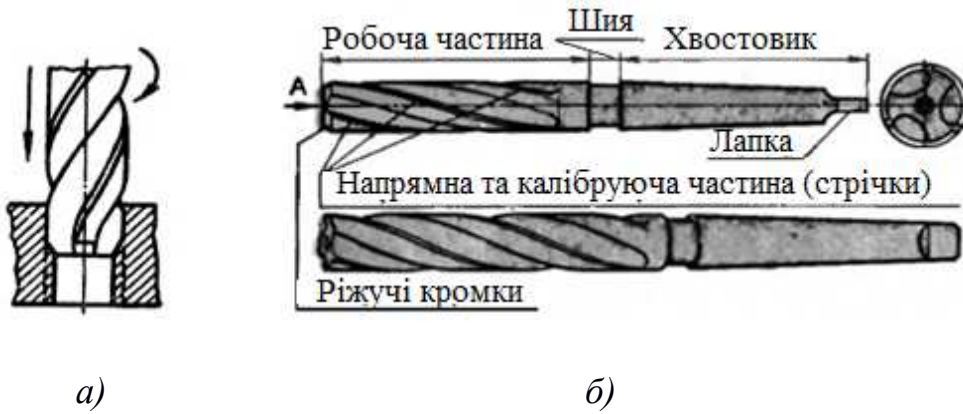
де D – діаметр свердла, мм;

n – кількість, об/хв..

Зенкерування

Зенкеруванням (рис. 2.14, а) називають обробку (розширення) попередньо просвердлених, штампованих або литих отворів з метою надання їм циліндричної форми, досягнення більшої точності і більш високого параметра нормування шорсткості поверхні.

До зенкеруванні вдаються переважно як до проміжної операції між свердлінням і розгортанням. Зенкування здійснюється за допомогою інструмента зенкера (рис. 2.14, б). Зенкери відрізняються від свердел формою ріжучої частини і великою кількістю різальних кромок.

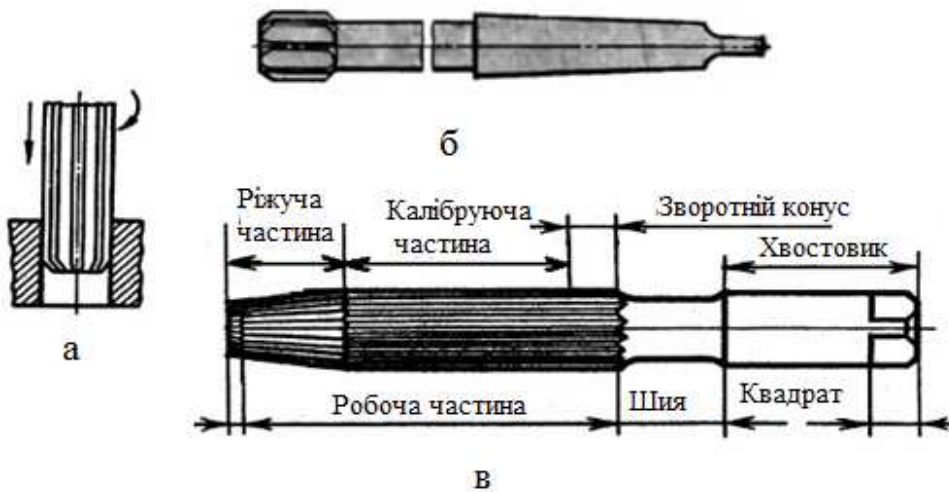


а – отвору, б – зенкер
 Рисунок 2.14 – Схема зенкерування

Розгортання

Розгортання (рис. 2.15, а) – операція чистової обробки отворів, що забезпечує високу точність розмірів і необхідну шорсткість поверхні. Виконується за допомогою інструмента розгортки.

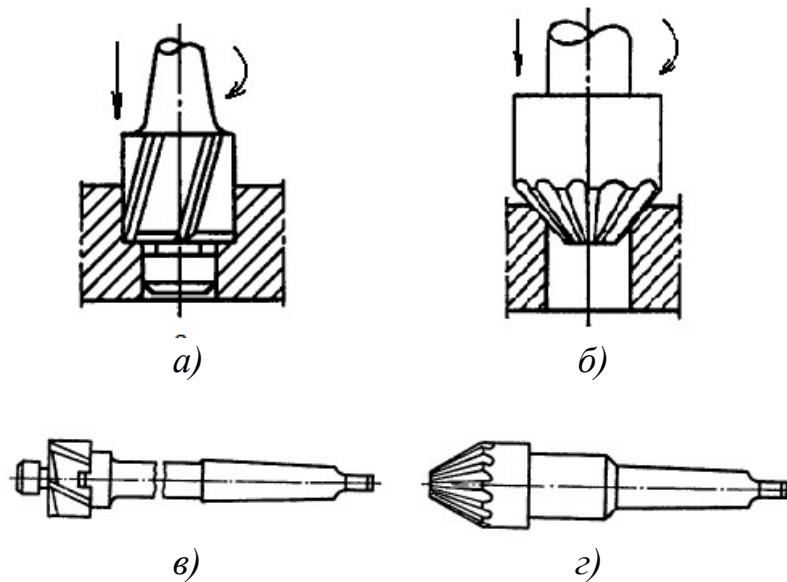
За способом застосування розгортки поділяються на машинні (застосовуються на різних верстатах, рис. 2.15, б і ручні (рис. 2.15, в). Розгортки виготовляють з інструментальних сталей або використовуються пластинки з твердих сплавів.



а – отвір, б – з конічним хвостовиком, в – циліндричним хвостовиком
 Рисунок 2.15 – Схема розгортання

Зенкування

Зенкування – утворення циліндричних (рис. 2.16, а) або конічних (рис. 2.16, б) поглиблень у попередньо просвердлених отворах з метою утворення поглиблень під голівки болтів, гвинтів, заклепок або інших деталей, а також зняття фасок, задирок за допомогою циліндричних (рис. 2.16, в) або конічних (рис. 2.16, г) зенковок.



*а – циліндричною зенківкою; б – конічною зенківкою;
в – циліндрична зенківка; г – конічна зенківка
Рисунок 2.16 – Схеми зенкування*

2.5 Фрезерування циліндричне і торцеве. Обладнання та інструмент. Режими різання

Фрезерування – це технологічний процес обробки матеріалів різанням, що виконується на фрезерних верстатах і за допомогою спеціального інструменту, званого фрезою. Головний (обертальний) рух отримує фреза, а рух подачі в поздовжньому напрямку – заготовка.

Рух подачі може бути спрямований проти обертання фрези (фрезерування проти подачі або зустрічне фрезерування, рис. 2.17, а) і за напрямком обертання фрези (фрезерування за подачею або попутне фрезерування, рис. 2.17, б).



*а – зустрічне, б – попутне
Рисунок 2.17 – Фрезерування*

Як показує практика, з ряду причин попутний метод фрезерування, при інших рівних умовах, забезпечує більшу стійкість фрези, кращу чистоту обробленої поверхні. Однак цей метод вимагає жорсткої конструкції верстата.

Обладнання

На фрезерних верстатах можна обробляти площині, фасонні поверхні, прорізати пази, нарізати зуби зубчастих коліс, робити накатування, розрізати метал.

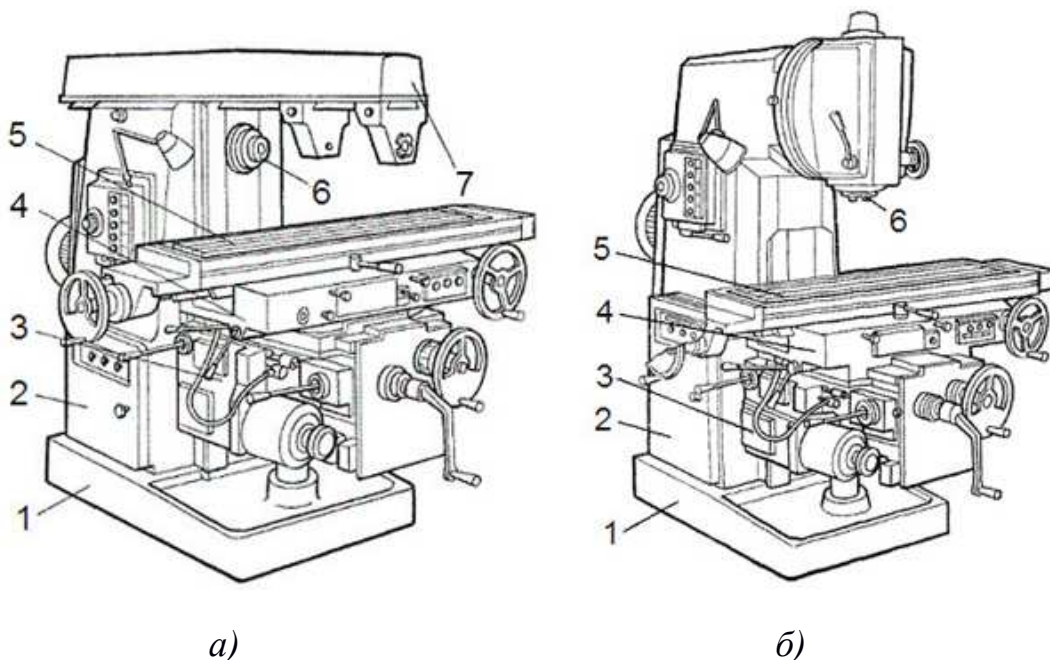
Існують різні типи фрезерних верстатів: консольно-фрезерні, вертикально-фрезерні, горизонтально-фрезерні, поздовжньо-фрезерні, копіювально-фрезерні та ін.

Найбільш поширені консольно-фрезерні верстати.

Консольно-фрезерні верстати. Цей тип верстатів характеризується тим, що в них стіл спільно з оброблюваною деталлю може переміщатися в трьох взаємно перпендикулярних напрямках, а у деяких моделей і під кутом щодо осі шпинделя. Залежно від конструкції консольно-фрезерні верстати називають горизонтальними, вертикальними, універсальними і т. д.

У *горизонтально-фрезерного верстата* (рис. 2.18, а) вісь шпинделя розташована горизонтально, тобто паралельно робочій площині столу. На цьому верстаті можна обробляти горизонтальні і вертикальні плоскі поверхні, пази, кути, зубчасті колеса циліндричними, дисковими, фасонними та іншими насадними фрезами.

У *вертикально-фрезерного верстата* (рис. 2.18, б) вісь шпинделя розташована перпендикулярно площині столу. На цьому верстаті можна обробляти горизонтальні і похилі плоскі поверхні, пази, кути торцевими, хвостовими і пальцьовими фрезами.



1 – плита; 2 – станина; 3 – консоль; 4 – салазки; 5 – стіл;
6 – шпиндель; 7 – хобот

а – горизонтально-фрезерний, б – вертикально-фрезерний

Рисунок 2.18 – Консольні верстати

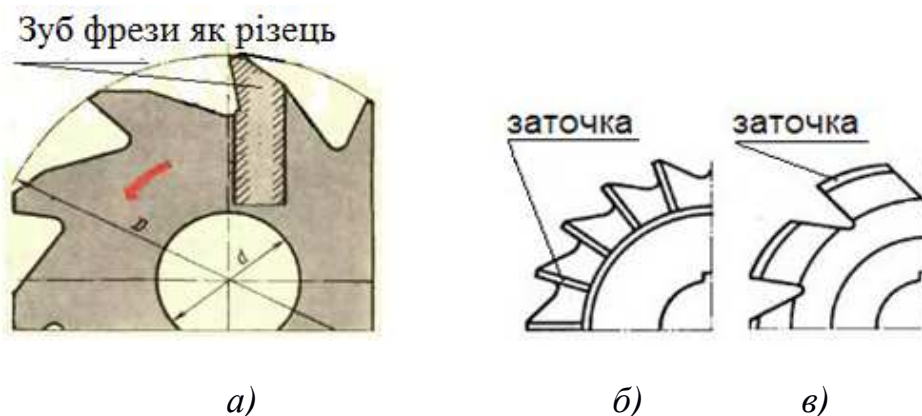
Консольний горизонтально-фрезерний (рис. 2.18, а) і вертикально-фрезерний (рис. 2.18, б) верстати складаються з таких частин: плити 1, на якій розміщується станина 2 (коробчатої форми), у якій змонтовані коробка швидкостей і управління коробкою; консолі 3 з вертикальними і горизонтальними напрямними; салазок 4, які переміщуються горизонтальними напрямними консолі; поздовжнього столу 5, на якому встановлюють оброблювану деталь; шпинделя 6.

У горизонтально-фрезерного верстата (рис. 2.18, а) також є хобот 7 для підтримки шпиндельних фрезерних оправок.

Інструмент

Фреза – це різальний інструмент, з декількома зубами, кожен з яких являє собою різець (рис. 2.19, а), що знімає стружку.

Процес різання при фрезеруванні відрізняється від безперервного різання при точінні і свердлінні тим, що зуби фрези працюють не всі відразу, а по черзі. Цим забезпечується стійкість інструменту, а наявність у фрези великої кількості зубів підвищує продуктивність обробки.



а – зуб фрези, що нагадує різець; *б* – гострий зуб;
в – затилований зуб

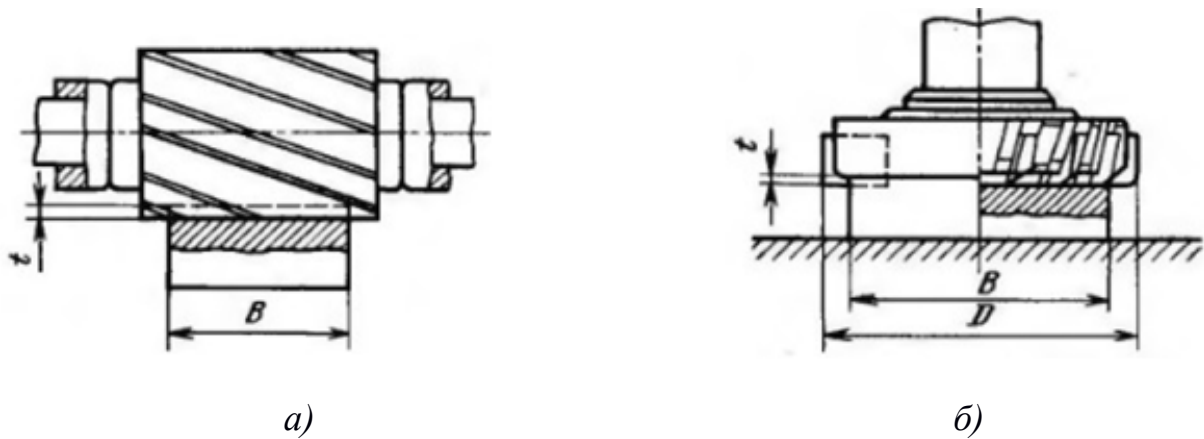
Рисунок 2.19 – Форма зуба фрези

Залежно від поверхні, по якій проводиться загострювання фрези, існують дві основні конструкції зубів: гострий зуб – зуб, який загострюється по задній поверхні (рис. 2.19, б); затилований зуб – зуб, який загострюється тільки по передній поверхні (рис. 2.19, в).

Класифікація фрез

- за технологічною ознакою фрези поділяються на такі (рис. 2.20 і 2.21):

- фрези для обробки площин – циліндричні (рис. 2.20, а) і торцеві (рис. 2.20, б);



B – ширина фрезерування; t – глибина фрезерування
а – циліндричними; *б* – торцовими
 Рисунок 2.20 – Обробка площин фрезами

- фрези для отримання пазів, канавок і шліців – дискові (рис. 2.21, а), кінцеві (рис. 2.21, б), пальцеві для отримання таврових пазів (рис. 2.21, в) і пазів типу «ластівчин хвіст» (рис. 2.21, г), однокутові (рис. 2.21, д), двокутові (рис. 2.21, е);

- фрези для отримання фасонних поверхонь – фасонні (рис. 2.21, ж), дискові (рис. 2.21, и), дискові модульні (рис. 2.21, к), пальцеві модульні (рис. 2.21, л) і черв'ячні модульні для нарізання зубчастих коліс, дискові (рис. 2.21, м) і гребінчаті (рис. 2.21, н) різьбові;

- фрези для розрізання металів – відрізні (пилки круглі, рис. 2.21, п);

- фрези для гравірувальних робіт і спеціального копіювання, використовувані при виготовленні штампів, матриць, прес-форм і т. п. – спеціальні фрези;

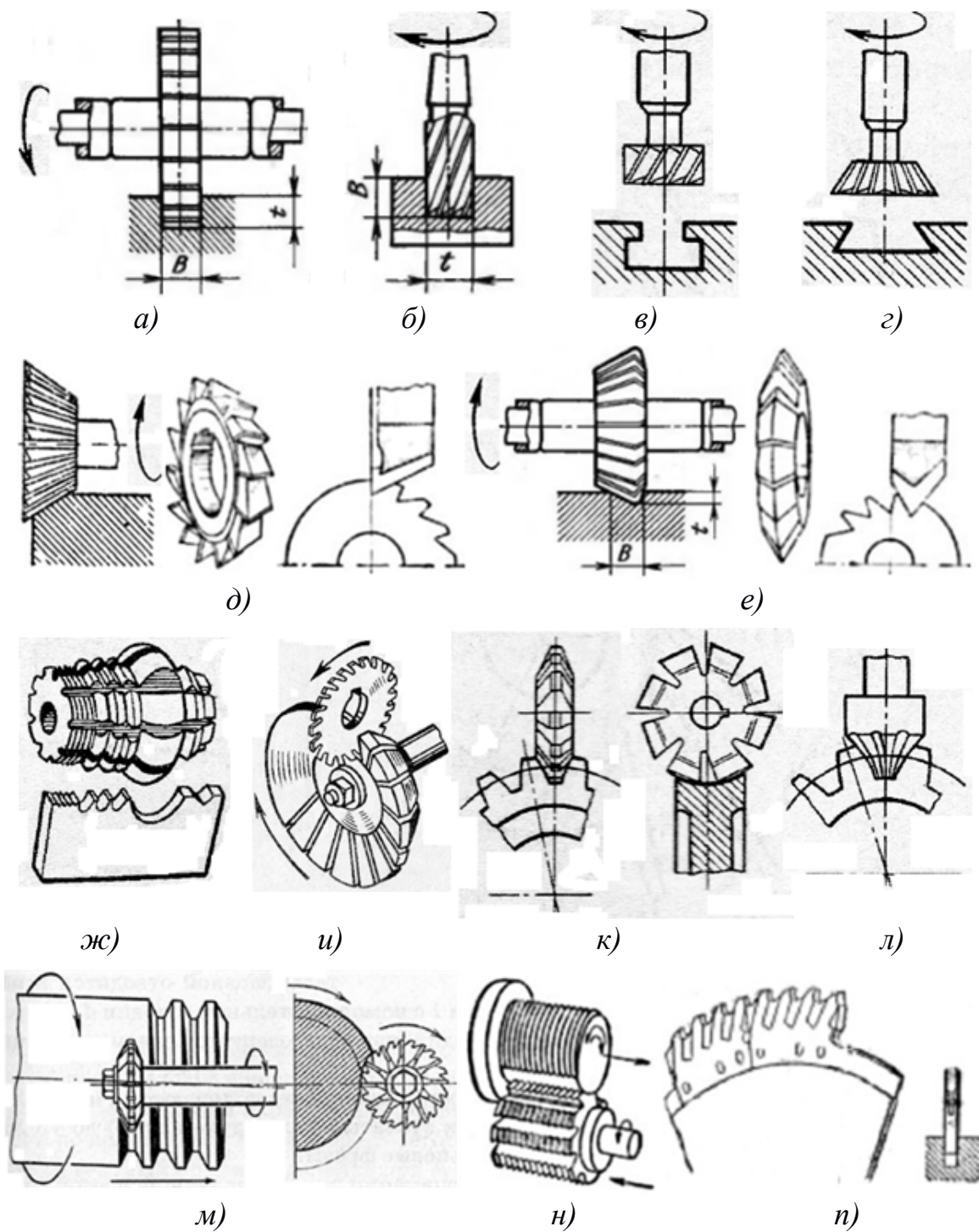
- за конструктивними ознаками фрези поділяються залежно від:

- розташування зубів на початковому циліндрі – торцеві; циліндричні; дискові; дискові двосторонні; однокутові; двокутові; фасонні, кінцеві та ін.;

- конструкції (профілю) зуба – гострозаточені (гострі) і з затилованими зубами (див. рис. 2.19);

- напрямку зуба – з прямими (входять до роботи зуби відразу, всіма своїми головними лезами); з похилими; з гвинтовими (зуби входять до роботи поступово); з різноспрямованими зубцями;

- внутрішнього пристрою – цільні (виготовлені цілком з високоякісного інструментального матеріалу); напайні (виготовлені з дешевих конструкційних сталей, а на робочих частинах їх зубів розміщують пластинки з високоякісних матеріалів); складові; зі вставними зубами (складаються з корпусу, виготовленого з легованої конструкційної сталі і вставних зубів, закріплених у корпусі фрези механічними засобами – клинами, конічними штифтами і т. п.); збірні (розбірні) головки;



B – ширина фрезерування; t – глибина фрезерування
 а – дискові; б – кінцеві; в – пальцьові;
 г – пальцьові типу «ластівчин хвіст»;
 д – однокутові; е – двокутові; ж – фасонні; и – дискові;
 к – дискові модульні; л – пальцеві модульні; м – дискові нарізні;
 н – гребінчаті нарізні; п – відрізні
 Рисунок 2.21 – Фрези

- *способу кріплення* – насадні (мають отвір і шпонковий паз, кріпляться на шпиндельній оправці); кінцеві (хвостові) з циліндричним (кріпляться в цангові патрони) або конічним (кріпляться або безпосередньо в шпинделі верстата, або за допомогою конічних перехідних втулок) хвостовиком; торцеві (встановлюються безпосередньо на торці шпинделя і кріпляться чотирма болтами; обертовий момент передається від шпинделя до фрези двома торцевими шпонками);

- *виду інструментального матеріалу різальної частини* – зі швидкорізальної сталі (наприклад, P18); з твердих сплавів (наприклад, T15K6, BK4); з різальної кераміки; надтвердих матеріалів.

Основні елементи режиму різання при фрезеруванні

Режими різання при фрезеруванні характеризуються глибиною різання t , величиною подачі S , швидкістю різання V і додатково шириною фрезерування B .

Глибиною різання t (див. рис. 2.20 і 2.21) називається товщина шару матеріалу, що знімається фрезою за один прохід і вимірюється перпендикулярно до оброблюваної поверхні в міліметрах.

Подачею на оборот S називається величина переміщення заготовки відносно фрези за один її оберт, вимірюється в міліметрах за оберт.

Швидкістю різання V при фрезеруванні називається окружна швидкість найбільш віддалених точок лез зубів фрези, вимірюється в метрах за хвилину.

Шириною фрезерування B (див. рис. 2.20 і 2.21) називається ширина оброблюваної поверхні в напрямку, паралельному до осі фрези при циліндричному фрезеруванні або перпендикулярному до осі фрези при торцевому фрезеруванні, вимірюється в міліметрах.

2.6 Різання, довбання і протягування. Обладнання та інструмент. Режими різання

Струганням називається технологічний метод обробки плоских поверхонь заготовок стругальними різцями на стругальних верстатах з головним прямолінійним зворотно-поступальним рухом щодо заготовки або різця і з подачею в напрямку, перпендикулярному напрямку головного руху.

Довбання відрізняється від стругання тим, що головний рух різця робить у вертикальній площині.

Протягування – високопродуктивний процес обробки отворів різної форми і складних зовнішніх контурів багатолезовим інструментом – протяжкою. При протягуванні досягається висока точність обробки і високі параметри нормування шорсткості поверхні.

Продуктивність при протягуванні в кілька разів більше, ніж при струганні, тому що за один хід протягання здійснюється повна обробка заготовки. Рух різання (поступальний щодо виробу) в основному прямолінійний і рідше обертальний. Рух подачі в процесі протягування відсутній.

Обладнання

Особливістю групи стругальних і протяжних верстатів є використання в якості руху різання прямолінійного зворотно-поступального руху.

Наявність холостого зворотного ходу в стругальних і довбальних верстатах обмежує продуктивність у порівнянні з фрезерними і протяжними верстатами. Тому ці верстати працюють в основному в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва, а також в інструментальних і ремонтних цехах. Водночас, у стругальних і довбальних верстатах у якості різальних інструментів використовуються різці, а вони більш прості у виготовленні і заточенню, ніж фрези і протяжки, що значно знижує їх вартість.

Стругальні верстати поділяються на поперечно-стругальні (шепінги), поздовжньо-фрезерні та вертикально-фрезерні (довбальні). Протяжні верстати поділяються на вертикальні і горизонтальні.

Поперечно-стругальні верстати (рис. 2.22, а) застосовуються для обробки зовнішніх поверхонь малих і середніх за розміром і вагою деталей. У цих верстатів головним рухом є зворотно-поступальне переміщення супорта 3 з різцем 5, а рух подачі – періодичне зміщення столу 4 із заготовкою.

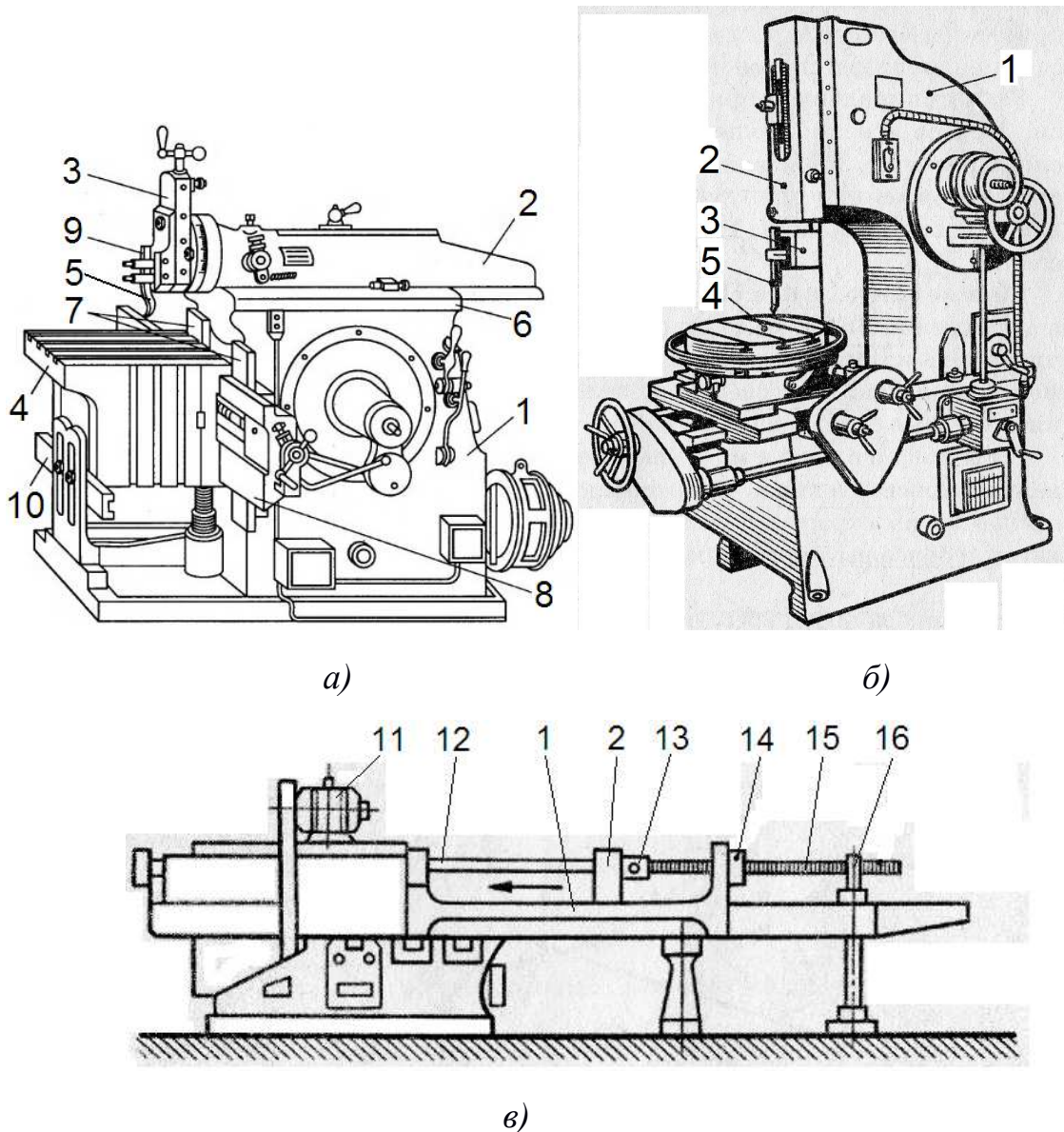
Основним вузлом поперечно-стругального верстата є станина 1, по верхніх горизонтальних напрямних 6 якої переміщається повзун 2 з встановленим на ньому супортом 3. По вертикальних напрямних 7 станини переміщається поперечина 8, забезпечена горизонтальними напрямними, на яких встановлено стіл 4, що має в результаті цього можливість переміщатися вправо і вліво щодо повзуна. Для збільшення жорсткості стіл підтримується стійкою. Різальний інструмент – стругальний різець 5 – встановлюється в різцетримачі 9, змонтованому на супорті 3.

Поздовжньо-стругальні верстати служать для обробки великогабаритних і важких деталей або для одночасної обробки декількох деталей середніх розмірів. У цих верстатів головним рухом є зворотно-поступальне переміщення столу із заготовкою, а рух подачі – періодичне зміщення супорта з різцем (різцями).

На довбальних верстатах (рис. 2.22, б) різець 5, закріплений в супорті 3, разом з повзуном 2 здійснює вертикальне зворотно-поступальний прямолінійний рух по напрямних станини 1. Рух подачі в поздовжньому, поперечному або круговому напрямку отримує стіл 4 з оброблюваною деталлю.

Рухом різання в протяжних верстатах – прямолінійний рух різального інструменту – протяжки.

Рух подачі в цих верстатах відсутній. Протяжні верстати класифікуються за різними ознаками: за напрямком основного руху – горизонтальні і вертикальні; за призначенням – для внутрішнього і для зовнішнього протягування і т. д.



1 – станина; 2 – повзун; 3 – супорт; 4 – стіл; 5 – різець;
 6 – горизонтальні напрямні; 7 – вертикальні напрямні;
 8 – поперечина; 9 – різцетримач; 10 – опорна стійка;
 11 – електродвигун; 12 – шток; 13 – затискні пристрої;
 14 – заготовка; 15 – протяжка; 16 – люнет
 а – поперечно-стругальний, б – довбальний,
 в – горизонтально-протяжний
 Рисунок 2.22 – Види верстатів

Найбільш поширеним є горизонтально-протяжний верстат (рис. 2.22, в).

На станині 1 встановлені основні складальні одиниці верстата. Привід від електродвигуна 11 рухає шток 12. Зовнішній кінець штока розташовується на додатковій опорі, що переміщується разом з повзуном 2. На кінці штока знаходиться затискний вузол 13 для кріплення протяжки 15, інший кінець якої підтримується рухомим люнетом 16. Оброблювана заготовка 14 при протягуванні впирається в торець станини.

Для переміщення штока з різними швидкостями і установки протяжок різної довжини в гідроприводі передбачено пристрій для зміни ходу і швидкості руху повзуна 2.

Інструмент і характер робіт на верстатах

Група стругальних і протяжних верстатів застосовується в основному для тих самих робіт, що і фрезерні верстати, тобто для обробки площин, різного виду пазів, канавок і фасонних лінійчатих поверхонь.

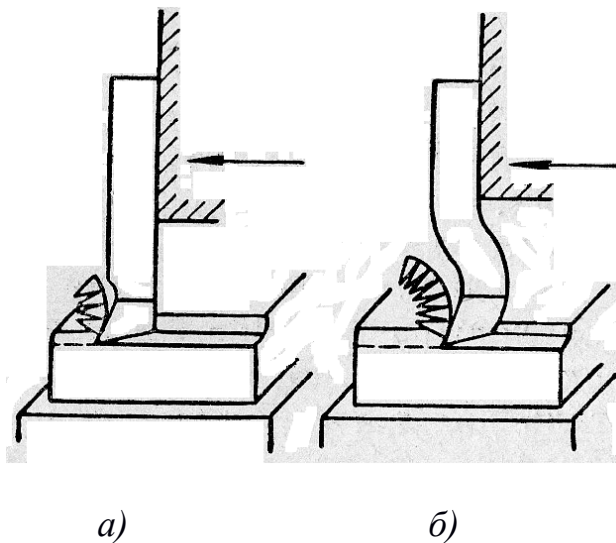
Стругання

Процес стругання багато в чому схожий з процесом точіння (див. підрозд. 2.3).

Особливості цього процесу:

- рух різання і подачі на відміну від точіння є переривчастим, причому здійснюються ці рухи не одночасно (при русі різання відсутній рух подачі);
- оскільки рух різання переривчастий, процес зняття стружки відбувається з ударами, а це вимагає більш якісного матеріалу інструменту та міцніших різців, ніж при точінні.

При роботі на стругальних верстатах використовують прямі і вигнуті різці (рис. 2.23). Найбільшого поширення набули вигнуті різці.

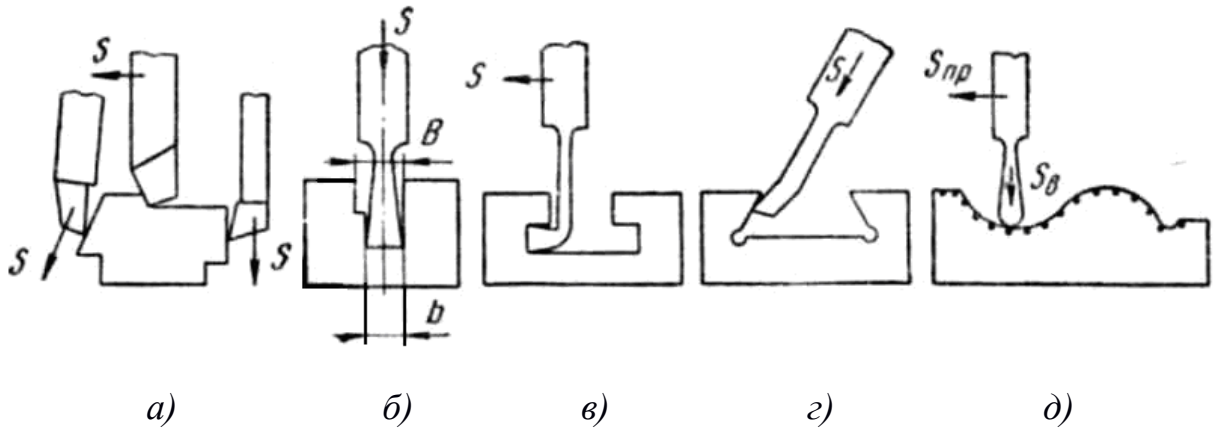


a – прямим, б – зігнутим
Рисунок 2.23 – Стругання різцем

Стругальні різці класифікуються як токарні (див. підрозд. 2.3). Матеріалом для стругальних і довбальних різців є інструментальні сталі, швидкорізальні сталі і тверді сплави.

Приклади деяких видів робіт, які виконуються на стругальних верстатах, показані на рисунку 2.24.

Горизонтальні, вертикальні і похилі площин (рис. 2.24, а) стругають прохідними або підрізними різцями з відповідним напрямком подачі. Розрізні і прорізні роботи (рис. 2.24, б) виконують відрізними різцями. при великій глибині паза, щоб уникнути поломки різця, його ширину b роблять менше ширини паза B , а прорізання здійснюють поступово. Стругання таврових пазів (рис. 2.24, в) і пазів типу «ластівчин хвіст» (рис. 2.24, г) здійснюється пазовими різцями відповідної конфігурації. Стругання фасонних поверхонь виконується або фасонними різцями, або галтельним різцем по розмітці (рис. 2.24, д). В останньому випадку різець отримує два рухи подачі, які виконуються вручну переміщенням столу і супорта.



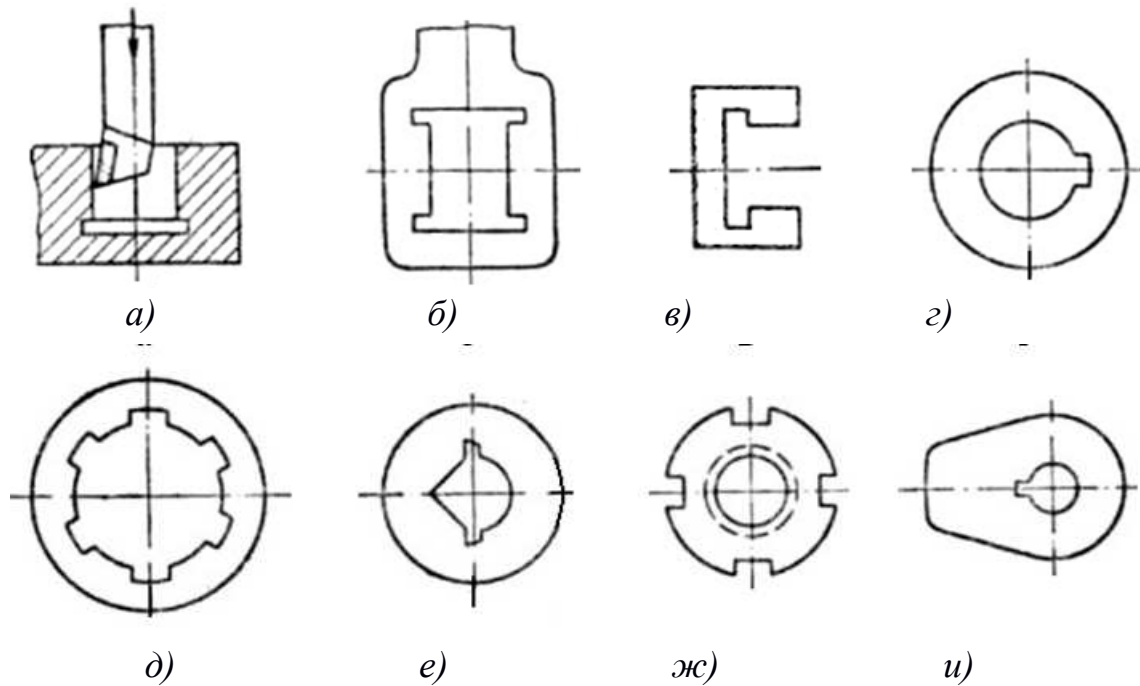
B – ширина паза; b – ширина різця; S – напрямок подачі;
 S_{np} – подача в поздовжньому напрямку; S_g – подача за висотою
 а – прохідні та підрізні; б – відрізні; в – пазові для таврових пазів;
 г – пазові для пазів типу «ластівчин хвіст»; д – фасонні та галтельні
 Рисунок 2.24 – Різці

Довбання

Процес довбання, по суті, нічим не відрізняється від процесу стругання, але характер довбальних робіт зовсім інший, ніж стругальних (рис. 2.25).

Довбальні різці виготовляють трьох основних типів: прохідні, прорізні і для шпонкових пазів.

Довбанням можна обробити глухі і наскрізні фасонні отвори: багатогранники (рис. 2.25, а), внутрішні напрямні (рис. 2.25, б, в), внутрішні шпонкові пази (рис. 2.25, г), багатошпонкові (шліцьові) отвори (рис. 2.25, д), матриці складної конфігурації (рис. 2.25, е) і т. п. Деякі види зовнішніх поверхонь (рис. 2.25, ж, и) також зручніше обробити на довбальних верстатах, хоча вони можуть бути виконані на стругальних і фрезерних верстатах.



а – багатогранників; б – внутрішніх напрямних симетричної форми; в – внутрішніх напрямних; г – шпонкових пазів; д – шліцьових отворів; е – матриць складної конфігурації; ж – зовнішніх поверхонь симетричної форми; и – зовнішніх поверхонь
Рисунок 2.25 – Довбання

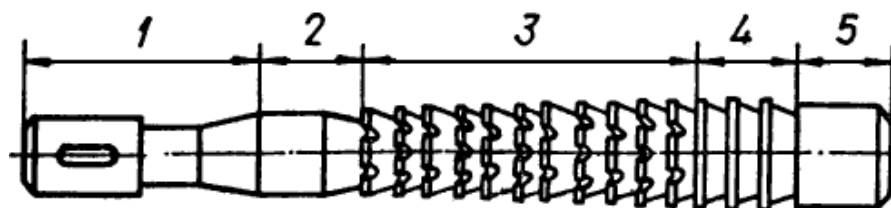
Протягування

Найбільш широко використовуються протяжки для отримання круглих отворів (рис. 2.26, а) і шпонкових пазів (рис. 2.26, б). Вони складаються з таких основних конструктивних частин: хвостової 1, що служить для кріплення протяжки в патроні і складається, у свою чергу, з замкової частини (хвостовика) і шийки; передньої напрямної 2, яка орієнтує протяжку в отворі в початковий момент роботи її різальних зубів; різальної 3, яка поступово знімає різальними зубами припуск на обробку (в цій частині протяжки кожний наступний зуб має на 0,01...0,05 мм більші розміри, а іноді і дещо іншу форму, ніж попередній; таким чином, якщо перший зуб протяжки починає різання, то останній його закінчує); калібруючої 4, що надає отвору або пазу задані розміри, точність і шорсткість поверхні (розміри калібруючих зубів однакові і дорівнюють розмірам останнього різального зуба); задньої напрямної 5, що служить для направлення протяжки і захищає її від перекосу до виходу останнього калібруючого зуба з отвору.

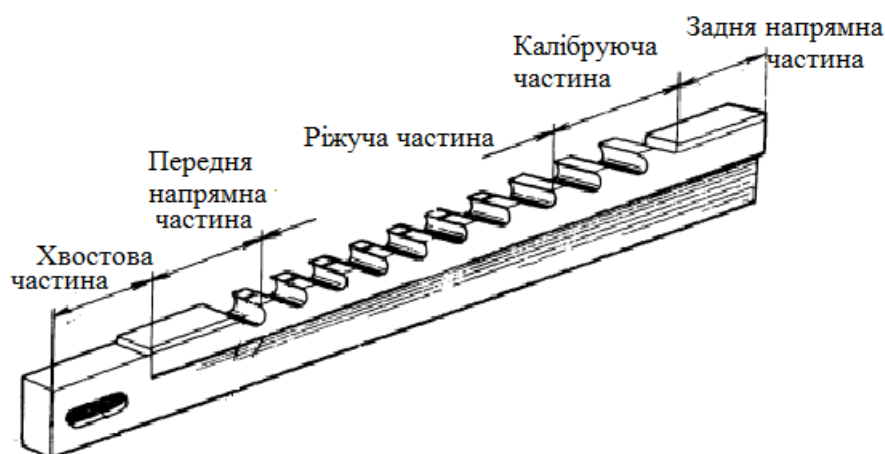
Протяжки виготовляють з швидкорізальних сталей Р6М5, Р18 і ін. і з легованих сталей ХВГ, а також з різальною частиною з пластинок з твердих сплавів. Для обробки циліндричних отворів іноді використовують збірні протяжки зі змінними твердосплавними різальними і калібруючими частинами.

Кожен зуб протяжки – різець з властивими йому параметрами різальної частини.

За характером оброблюваних поверхонь протяжки (рис. 2.27) поділяють на дві основні групи: внутрішні (рис. 2.27, а...е) і зовнішні (рис. 2.27, ж). Внутрішніми протяжками обробляють різні замкнуті поверхні, а зовнішніми – напівзамкнуті і відкриті поверхні різного профілю. За формою розрізняють круглі (рис. 2.27, а), багатогранні (трикутні, квадратні на рис. 2.27, б і ін.), шліцьові (протягування прямих шліців на рис. 2.27, в і гвинтових шліців на рис. 2.27, г), шпонкові (рис. 2.27, д) протяжки.



а)



б)

1 – хвостова; 2 – передня напрямна; 3 – різальна;

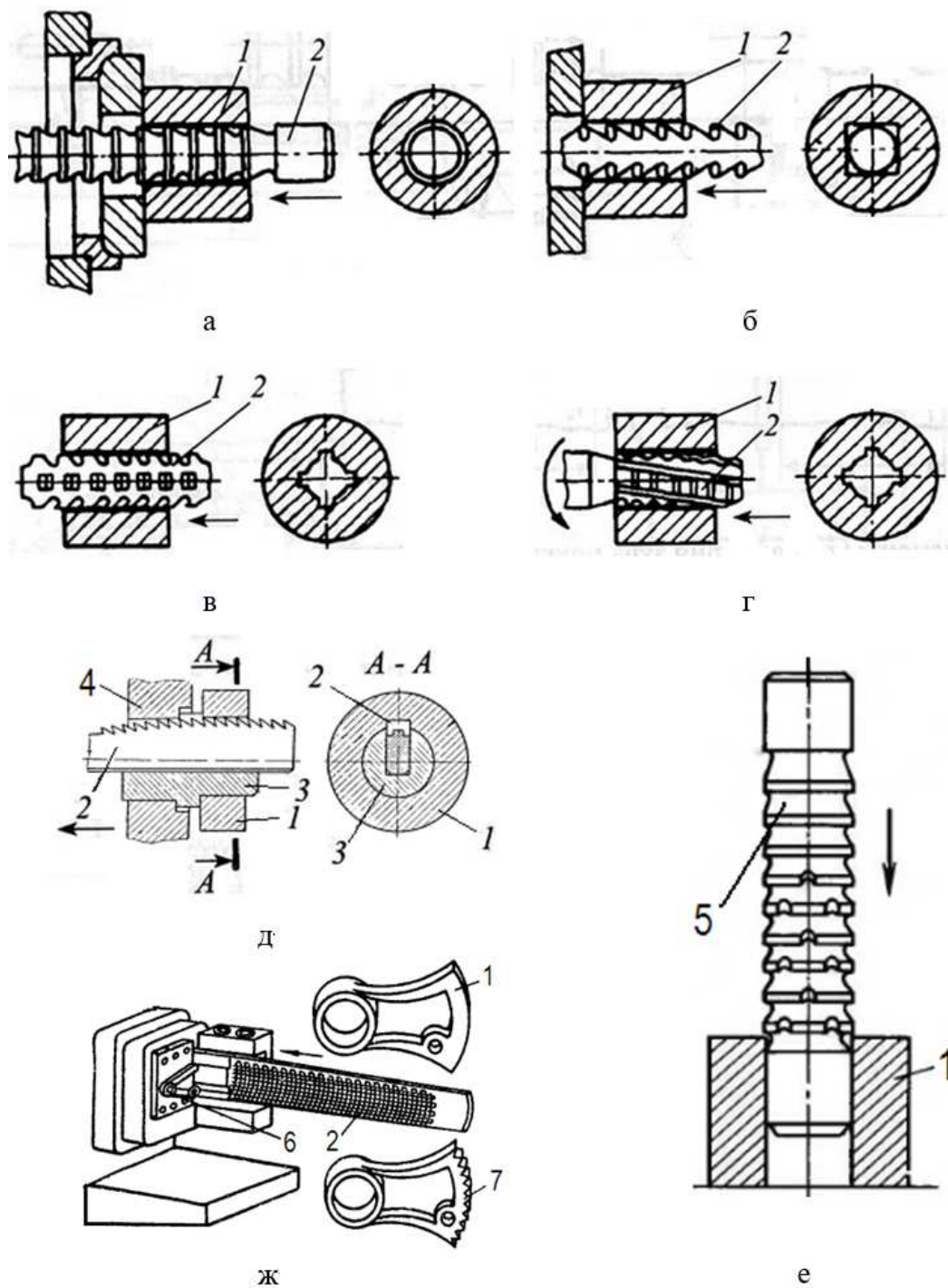
4 – калібруюча; 5 – задня напрямна

а – круглі отвори, б – шпонкові пази

Рисунок 2.26 – Основні конструктивні частини протяжок

Шпонкові пази виготовляють плоскою шпоночною протяжкою 2 (рис. 2.27, д) із застосуванням спеціального пристосування – напрямної втулки 3. Напрямна втулка 3 одним кінцем входить до кронштейна 4, другий її кінець входить до отвору заготовки 1. Уздовж втулки 3 зроблений проріз, у який ковзає протяжка. Таким чином, ця протяжка отримує надійний напрямок при роботі, що забезпечує хорошу якість роботи і високу точність обробки.

Різновид протяжки – прошивка 5 (рис. 2.27, е) - відрізняється відсутністю хвостовика і шийки і при обробці проштовхується через отвір заготовки 1. Прошивка працює на стиск, протяжка – на розтягнення.



1 – заготовка; 2 – протяжка; 3 – напрямна втулка;
 4 – кронштейн; 5 – прошивка; 6 – палець; 7 – деталь
 а – круглих отворів; б – багатограних отворів; в – прямих шліців;
 г – гвинтових шліців; д – шпонкових пазів; е – отвору;
 ж – зовнішньої поверхні;
 Рисунок 2.27 – Протяжка

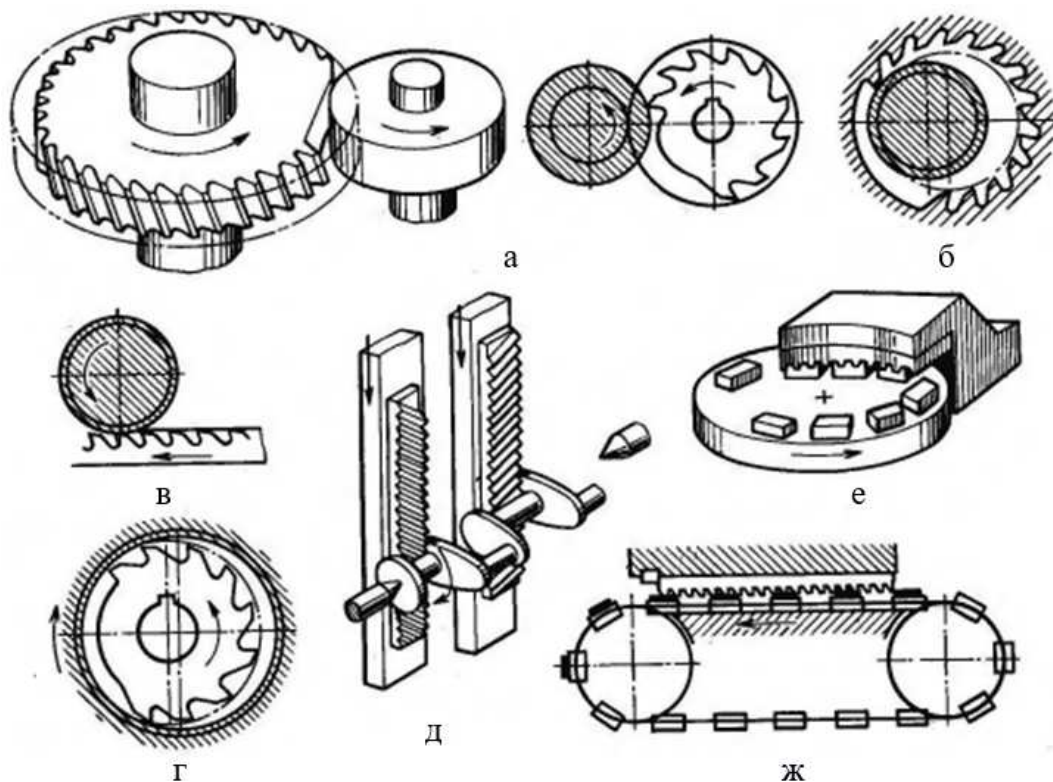
Для протягування отворів різної форми (рис. 2.27, а...е) в оброблюваній заготовці попередньо отримують отвір меншого розміру, ніж у деталі (див. підрозд. 2.4).

Зовнішні поверхні, як правило, простягають без попередньої обробки заготовки (рис. 2.27, ж). Оброблювану заготовку 1 надягають на палець 6 в пристосуванні і протяжкою 2 простягають зуби зубчастого сектора 7.

За конструкцією зубів протяжки бувають різальними, які розгладжують, і деформуючими. У першому випадку зуби мають гострі леза, зрізують шар матеріалу, у двох інших – зуби округлені і пластично деформують поверхневий шар без зняття стружки.

Принцип протягування і інструменти типу протяжок застосовують і в інших видах обробки і конструкціях інструментів, відмінних від розглянутих на рисунку 2.26 і 2.27. Наприклад, дискові (рис. 2.28, а, б) і плоскі (рис. 2.28, в) протяжки використовують для обробки деталей типу тіл обертання з прямолінійними і фасонними поверхнями, внутрішніх поверхонь (рис. 2.28, г), шийок колінчастих валів (рис. 2.28, д).

Протяжки можуть бути закріплені нерухомо, а щодо них переміщати пристосування карусельного (рис. 2.28, е) або ланцюгового (рис. 2.28, ж) типу з встановленими заготовками.



*а, б – дискові протяжки, в – плоскі протяжки,
г – внутрішні поверхні шийок, д – колінчасті вали,
е – вал карусельного типу, ж – вал ланцюгового типу*

Рисунок 2.28 – Обробка заготовок нерухомими протяжками за допомогою пристосувань

Основні елементи режиму різання при струганні, довбанні і протягуванні

Режими різання при струганні, довбанні і протягуванні характеризуються глибиною різання t , величиною подачі S , швидкістю різання V .

Величина, на яку заглиблюється при струганні і довбанні різець у заготовку при одному проході, називається *глибиною різання t* , вимірюється в *міліметрах*.

Подачею S при струганні і довбанні називається переміщення заготовки або різця в поперечному напрямку протягом одного подвійного ходу, тобто протягом робочого та зворотного ходів. Подача проводиться завжди в кінці зворотного ходу, коли різець не навантажений шаром металу, який знімається, вимірюється в *міліметрах*.

Рух подачі S при протягуванні як самостійний рух інструменту або заготовки відсутній. За величину подачі S_z , яка визначає товщину шару, що зрізається окремим зубом протяжки, приймають різницю розмірів за висотою двох сусідніх зубів протяжки; S_z є одночасно і глибиною різання t .

Середня швидкість, з якою різець з повзуном або заготовка зі столом при струганні і довбанні рухається протягом робочого ходу називається *швидкістю різання V* , вимірюється в *метрах за хвилину*.

При протягуванні *швидкістю різання V* називається шлях, який проходить різальна крайка протяжки за хвилину щодо оброблюваної поверхні деталі. Також вимірюється в *метрах за хвилину*.

2.7 Шліфування плоске і кругле. Обладнання і інструмент. Режими різання

Шліфування, як правило, є завершальною операцією механічної обробки.

Шліфування – спосіб обробки матеріалу за допомогою різального абразивного інструменту.

Оброблювана поверхня може бути циліндричною, конічною, фасонною, плоскою і т. д.

Шліфуванням можна:

- отримати точні розміри деталей (до 0,001 мм) і високу якість поверхні (високі механічні і фізичні властивості поверхневого шару);
- заточити інструмент;
- провести відрізку, розрізку заготовок і т. д.

Для всіх технологічних способів шліфувальної обробки головним рухом різання є обертання круга.

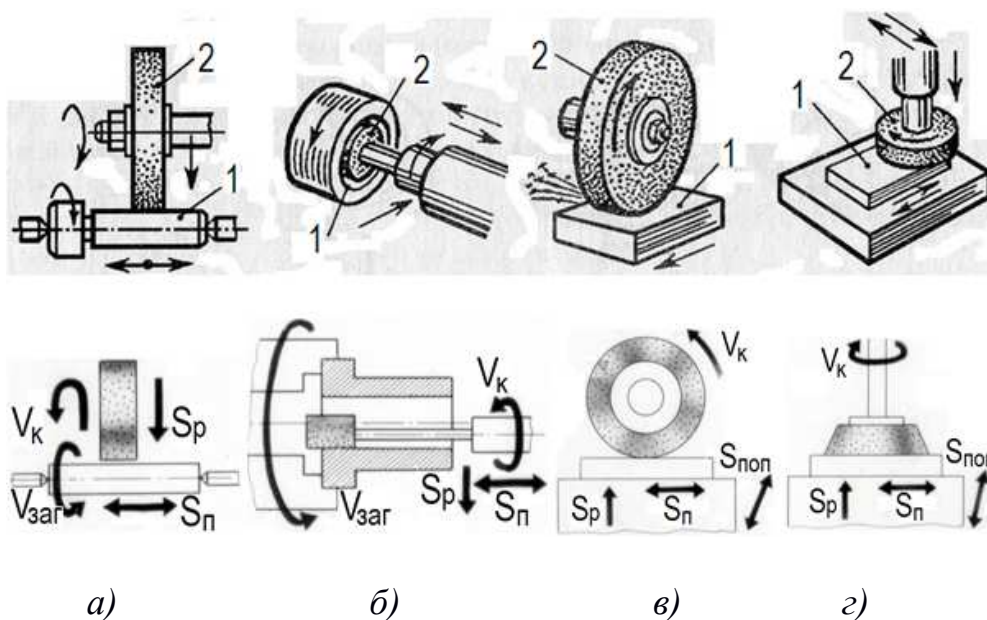
Шліфування можна класифікувати таким чином (рис. 2.29):

- кругле і плоске;
- зовнішнє і внутрішнє;
- плоске периферією і торцем круга.

Кругле зовнішнє шліфування в центрах (рис. 2.29, а) застосовується для обробки зовнішніх циліндричних, конічних і фасонних поверхонь.

Внутрішнє шліфування (рис. 2.29, б) застосовують для отримання високої точності отворів на заготовках, які, як правило, пройшли термічну обробку. Можливо шліфування наскрізних, глухих), конічних і фасонних отворів. Внутрішнє кругле шліфування має два різновиди: просте (рис. 2.29, б) і планетарне. Просте внутрішнє шліфування застосовується при обробці порівняно невеликих заготовок, а планетарне шліфування – при обробці важких і громіздких заготовок, які важко обернути.

При плоскому шліфуванні обробляються зазвичай плоскі поверхні заготовок, як периферією (рис. 2.29, в), так і торцем (рис. 2.29, г) шліфувального круга. Шліфування периферією круга використовують для більш точних робіт. Плоске шліфування торцем круга застосовують головним чином у масовому виробництві при знятті великих припусків і шліфування переривчастих поверхонь.



1 – заготовка; 2 – шліфувальний круг;

V_k – швидкість головного руху різання; V_{zag} – швидкість обертання заготовки;

S_n – поздовжня подача; S_p – радіальна подача; S_{pop} – поперечна подача

а – кругле зовнішнє, б – кругле внутрішнє, в – плоске периферією круга,

г – плоске торцем круга

Рисунок 2.29 – Шліфування

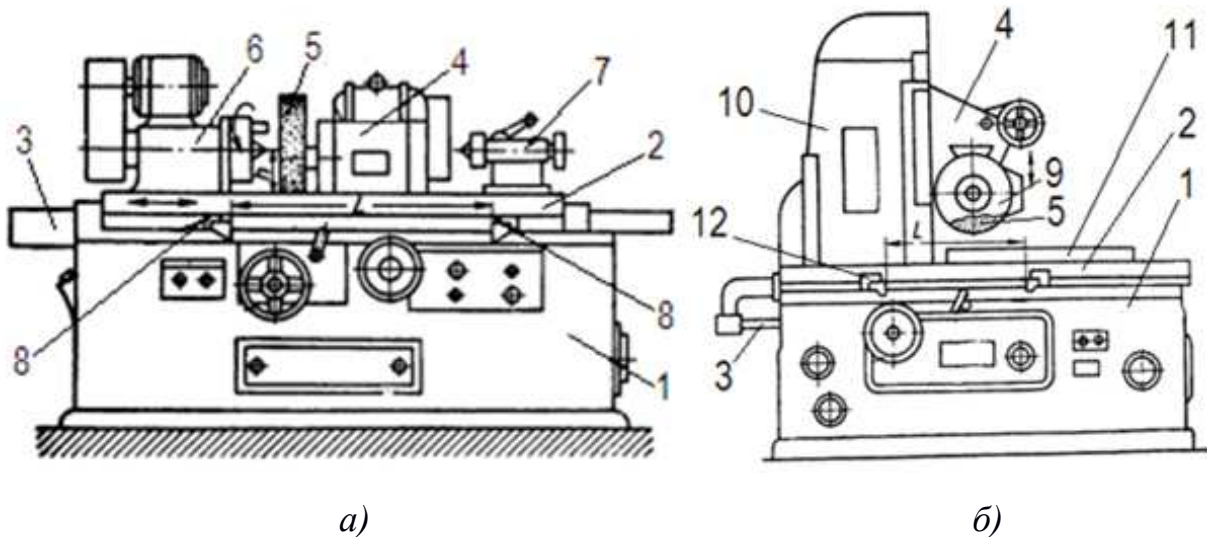
Обладнання

Відповідно до виконуваної на шліфувальних верстатах роботи зазначають такі їх типи: круглошліфувальні – для обробки зовнішніх поверхонь обертання; шліфувальні всередині – для обробки внутрішніх поверхонь обертання; плоскошліфувальні – для обробки площин; спеціальні

(шліцешліфувальні, зубошліфувальні, різешліфувальні і ін.); заточувальні – для заточування різального інструменту.

Одними з найбільш поширених типів шліфувальних верстатів у масовому виробництві є круглошліфувальні (рис. 2.30, а) і плоскошліфувальні (рис. 56, б), що працюють периферією круга.

Круглошліфувальний верстат (рис. 2.30, а) призначений для шліфування циліндричних, конічних і торцевих зовнішніх поверхонь. Верстат має жорстку коробчату станину 1, на якій розміщені основні його вузли. У середині станини знаходиться гідравлічний привід, який забезпечує зворотно-поступальний рух столу 2 (поздовжня подача) по напрямних станини 1 від штока 3 гідроциліндра. Потужний електродвигун шліфувальної бабки 4 забезпечує обертальний рух шліфувального круга 5. Радіальна (поперечна) подача шліфувального круга 5 здійснюється переміщенням шліфувальної бабки 4 по поперечних напрямних станини. Заготовку встановлюють в центрах передньої 6 і задньої 7 бабок, розташованих на столі 2. Заготовка обертається від окремого електродвигуна через коробку швидкостей, яка розташована в передній бабці 6.



1 – станина; 2 – стіл; 3 – шток; 4 – шліфувальна бабка;
 5 – шліфувальний круг; 6 – передня бабка; 7 – задня бабка;
 8 – упор; 9 – захисний кожух; 10 – колона;
 11 – магнітна плита; 12 – кулачок
 а – круглошліфувальний, б – плоскошліфувальний
 Рисунок 2.30 – Кругло- і плоскошліфувальний верстати

Плоскошліфувальний верстат (рис. 2.30, б) також має коробчату станину 1. За допомогою штока 3 гідропривід, розміщений всередині станини 1, забезпечує зворотно-поступальний рух столу 2 за її горизонтальними напрямними. Шліфувальна бабка 4, яка утримує шліфувальний круг 5 (частково прикритий захисним кожухом 9), може переміщатися в горизонтальному і вертикальному напрямках (поперечна і вертикальна подачі) по вертикальній колоні 10, встановленій на станині 1. Шліфувальний шпиндель

з встановленим на ньому шліфувальним кругом 5 обертається від окремого вбудованого електродвигуна. Заготовка кріпиться або безпосередньо на столі 2 або на магнітній плиті 11. Збоку столу закріплюються на необхідній відстані рухливі кулачки 12, за допомогою яких регулюється довжина ходу стола.

Інструмент

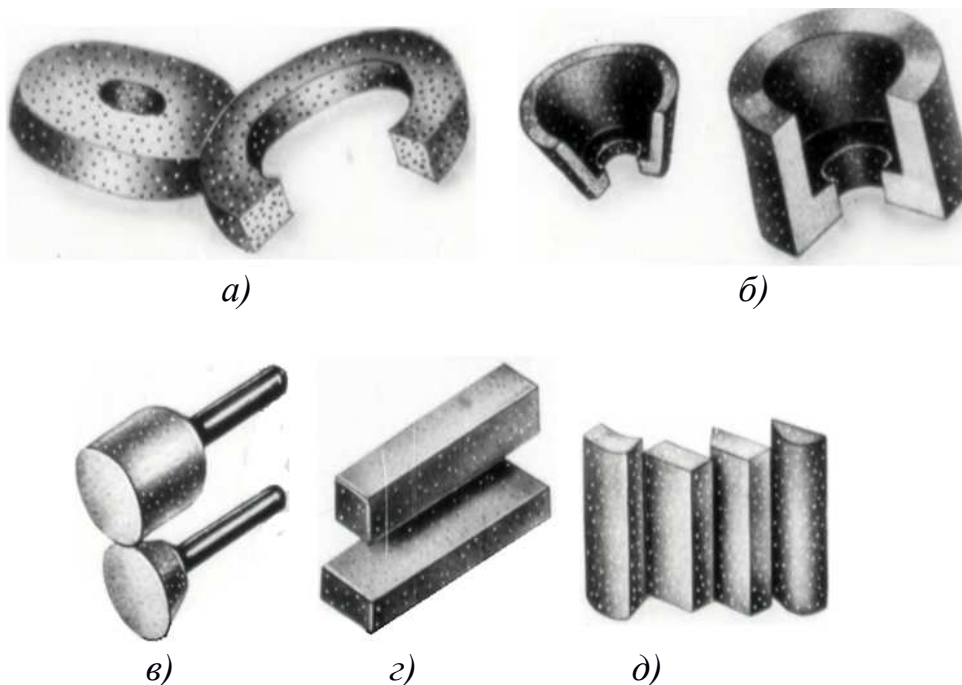
Абразивні інструменти складаються із зерен абразивного матеріалу, зцементованих зв'язкою.

Абразивні матеріали, що застосовуються в промисловості, поділяються на дві групи: природні і штучні.

До природних абразивних матеріалів відносяться мінерали: піщаник, наждак, корунд, алмаз (самий твердий). Основною складовою частиною корунду і наждаку є окис алюмінію (глинозем). Вони нестандартні за складом, містять велику кількість сторонніх домішок, що знижують їх якість і, в першу чергу, твердість, а тому в сучасному машинобудуванні майже не застосовуються.

До штучних абразивних матеріалів відносять: електрокорунд; карбід кремнію; карбід бору; штучні (синтетичні) алмази. Ці матеріали стандартні за своїм складом.

До абразивних інструментів відносяться: шліфувальні круги (рис. 2.31, а, б), шліфувальні головки (рис. 2.31, в), бруски (рис. 2.31, г), сегменти (рис. 2.31, д), шкурки, порошки і пасти.



*а – плоскі прямі круги; б – конічні і циліндричні круги-чашки;
в – головки; г – бруски; д – сегменти*

Рисунок 2.31 – Інструменти для шліфування

Форми і розміри абразивних інструментів усіх видів (круги, головки, бруски, сегменти) стандартизовані.

Найважливішим абразивним інструментом є шліфувальний круг.

Шліфувальний круг складається з великої кількості гострих і твердих абразивних зерен, зв'язаних між собою спеціальною масою – зв'язкою (рис. 2.32). Для нормальної роботи шліфувального круга між абразивними зернами і речовинами, які їх сполучають, повинні залишатися деякі проміжки (пори), які відіграють роль западин між зубами, у яких розміщується стружка. Розміри пір і щільність їх розподілу в обсязі круга грають настільки істотну роль, що їх прийнято розглядати як третю складову структурної будови круга. З точки зору процесу різання шліфувальний круг можна розглядати як фрезу з великою кількістю дрібних зубів, тому що в процесі шліфування кожне зерно, яке перебуває на периферії круга, працює як зуб фрези, знімаючи стружки змінного перерізу.

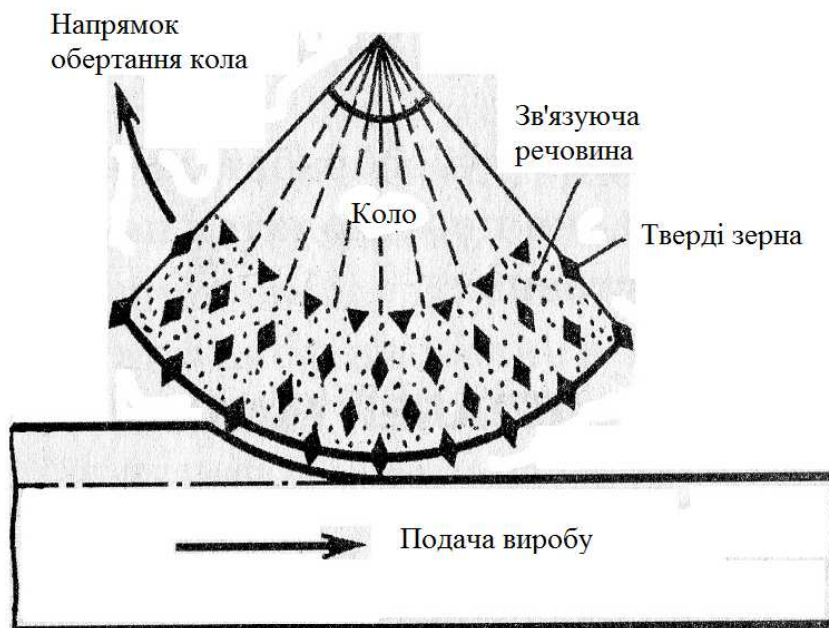


Рисунок 2.32 – Процес обробки заготовки шліфувальним кругом

Особливостями шліфувального круга в порівнянні з іншими різальними інструментами є, з одного боку, дуже висока твердість зубів (зерен), а з іншого, – здатність кругів до самозаточування, яке відбувається завдяки тому, що тупі зерна на поверхні круга видаляються, а починають працювати нові гострі зерна.

Завдяки високій твердості абразивних зерен шліфуванням можна обробляти метали будь-якої твердості, включаючи тверді сплави і неметалеві матеріали такі, як: скло, мармур, камінь і т. д.

Для здійснення раціонального і високопродуктивного процесу шліфування необхідно правильно вибрати шліфувальний круг за формою, за видом абразивного матеріалу, за типом зв'язки, за твердістю, зернистістю і структурою.

Форма круга вибирається відповідно до виду обробки. Для круглого шліфування застосовують дискові круги, для відрізних робіт – тонкі прорізні круги, для торцевого шліфування – чашкові круги і т. д.

Тип абразивного матеріалу вибирається залежно від виду оброблюваного матеріалу. Для шліфування сталі застосовуються корундові круги, для шліфування чавуну, бронзи і неметалевих матеріалів – карборундові круги. Круги зеленого карбїду кремнію використовують в основному для заточування твердосплавного матеріалу. Алмазні круги застосовуються для заточування твердосплавного інструменту і для спеціальних робіт.

Вибір зв'язки залежить від умов роботи і форми круга. Для більшості робіт застосовуються круги з керамічною зв'язкою, недоліком яких є крихкість і низька пружність. Тому на цій зв'язці не можна виготовляти тонкі круги. Для розрізання металу використовуються круги тільки на рослинній – вулканитовій або бакелітовій зв'язці.

Вибір твердості круга залежить від режимів різання і від твердості оброблюваного матеріалу. Під твердістю круга прийнято розуміти не твердість абразивного матеріалу, а твердість зв'язки, тобто той опір, який чинить зв'язка вириванню з неї абразивних зерен. Твердість круга повинна бути такою, щоб він у процесі роботи не забруднювався і надмірно не обсіпався, а нормально самозагострювався. Твердість круга знаходиться у зворотній залежності від твердості оброблюваного матеріалу. Як правило, чим твердіше оброблюваний матеріал, тим м'якше повинен бути шліфувальний круг.

Зазвичай тверді матеріали (загартована сталь, тверді сплави, чавун) шліфуються м'якими кругами, тому що тупі при цьому зерна круга легко дробляться і видаляються зі зв'язки, оголюючи нові гострі кромки, які продовжують різання до нового затуплення, і т. д.

М'яку сталь обробляють твердими кругами, для шліфування міді та латуні застосовують м'які грубозернисті круги.

Зернистість круга вибирається залежно від необхідної чистоти поверхні. Чим вище повинна бути чистота поверхні, тим більш дрібнозернистим повинен бути шліфувальний круг. Однак слід пам'ятати, що зі зменшенням зернистості круга падає і його продуктивність.

Структура круга визначається його пористістю. Пори є приймачами стружки, що знімається кругом. Якби не було пор, то утворення стружки було б неможливим. Пористість кругів різна, вона в деяких випадках становить 50 % обсягу круга.

Шліфувальні круги маркують. При маркуванні на поверхню абразивного круга незмивною фарбою наносять: марку заводу-виробника; абразивний матеріал; зернистість; індекс, який вказує вміст зерен основної фракції; твердість круга; зв'язку; структуру; форму круга; зовнішній діаметр; висоту; діаметр посадкового отвору; максимальну окружну швидкість при роботі круга.

Основні елементи режиму різання при шліфуванні

Основними елементами режиму різання при шліфуванні є глибина різання t , подача S , швидкість головного руху різання V_k .

Глибина різання (t , мм) при шліфуванні визначається товщиною шару матеріалу, що зрізається за один прохід. Глибину різання t іноді називають поперечною подачею круга за один його подвійний прохід.

Рухами подач є переміщення заготовки або інструменту уздовж або навколо координатних осей.

При зовнішньому круглому шліфуванні (рис. 2.29, а) поздовжня подача відбувається за рахунок зворотно-поступального руху заготовки, а при внутрішньому круглому шліфуванні (рис. 2.29, б) – за рахунок зворотно-поступального руху шліфувального круга. Розрізняють окружну швидкість заготовки $V_{заг}$ (яку іноді називають круговою подачею $S_{кр}$, м/с), поздовжню подачу $S_{п}$, яка часто виражається в частках ширини круга B і відповідає осьовому переміщенню заготовки за один її оберт (міліметрів за оберт), і поперечну подачу (радіальну подачу круга) m , яка при круглому шліфуванні чисельно дорівнює глибині різання (t , мм).

Швидкість обертання заготовки (метри за хвилину) розраховується за формулою

$$V_{заг} = S_{кр} = \pi D_{заг} n_{заг} / 1\,000, \quad (2.2)$$

де $D_{заг}$ – діаметр заготовки, мм;
 $n_{заг}$ – частота обертання заготовки, $хв^{-1}$.

Подачу (S_p , мм/хід) на глибину різання здійснюють при крайніх положеннях заготовки.

При плоскому шліфуванні (рис. 2.29, в, г) зворотно-поступальне переміщення заготовки є поздовжньою подачею ($S_{п}$, м/хв). Для обробки поверхні на всю ширину заготовка або круг повинні переміщатися з поперечною подачею ($S_{поп}$, мм/подвійний хід). Цей рух відбувається переривчасто (періодично) при крайніх положеннях заготовки наприкінці поздовжнього ходу. Періодично проводиться і подача (S_p , мм) на глибину різання, яка здійснюється також в крайніх положеннях заготовки, але в кінці поперечного ходу.

Швидкість головного руху різання (V_k , м/с) дорівнює окружній швидкості точки на периферії шліфувального круга:

$$V_k = \pi D_k n_k / (60 \times 1\,000), \quad (2.3)$$

де D_k – зовнішній діаметр шліфувального круга, мм;
 n_k – частота обертання круга, $хв^{-1}$.

Оптимальні режими різання вибирають за довідковими даними.

Контрольні питання

1. Механічна обробка металу. Заготовки для механічної обробки, обладнання та інструмент. Різновиди механічної обробки.
2. Термічна обробка металів. Різновиди. Етапи термічної обробки.
3. Види термічної обробки. Подібність і відмінності.
4. Припуск у механічній обробці. Етапи виготовлення деталей механічною обробкою і отримання необхідних властивостей термічною обробкою.
5. Чорні та кольорові метали і сплави. Навести приклади. Відмінності між ними. Домішки і компоненти в сплавах. Класифікація вуглецевих сталей.
6. Вуглецеві сталі. Сталь звичайної якості і сталь якісна.
7. Інструментальна сталь. Легована конструкційна сталь.
8. Кольорові метали та сплави. Алюмінієві і мідні сплави.
9. Точіння. Головний рух і рух подачі. Схема процесу точіння. Елементи токарного різця і їх призначення.
10. Параметри режиму точіння. Роботи, що виконуються на токарних верстатах. Основні частини токарно-гвинторізного верстата і їх призначення.
11. Класифікація токарних різців. Схеми обробки металу різними видами різців.
12. Шліфування. Призначення, особливості і можливості цього процесу. Обладнання та інструмент.
13. Класифікація процесу шліфування. Способи обробки заготовки шліфуванням. Особливості шліфувального круга.
14. Фрезерування. Обладнання та інструмент. Схеми механічної обробки заготовок різними за технологічним призначенням фрезами.
15. Класифікація фрез.
16. Група свердлильних операцій. Свердління. Обладнання та інструмент. Класифікація отворів.
17. Група свердлильних операцій. Свердління. Різні типи свердел. Елементи спірального свердла і їх призначення.
18. Група свердлильних операцій. Зенкерування, розгортання, зенкування. Обладнання та інструмент. Схеми механічної обробки заготовок інструментами свердлильної групи.
19. Стругання. Обладнання та інструмент. Схеми механічної обробки заготовок.
20. Довбання. Обладнання та інструмент. Схеми механічної обробки заготовок. Подібність і відмінність між довбанням і струганням.
21. Протягування. Обладнання та інструмент. Схема механічної обробки заготовки.
22. Стругання, довбання і протягування. Можливості цих процесів. Подібність і відмінності.

3 ЗВАРЮВАННЯ

3.1 Зварювання тиском і зварювання плавленням. Електричне зварювання і його різновиди. Електроди. Режими зварювання

До технології зварювальних робіт відносяться різні процеси, іноді навіть протилежні за своїм характером. Наприклад: різання металів і інших матеріалів, наплавлення, напилення і металізація, зміцнення поверхні. Однак основна і головна задача – отримання нероз'ємних з'єднань між однаковими або різними металами і неметалевими матеріалами в найрізноманітніших виробках.

Усі способи зварювання (залежно від стану металу в процесі зварювання) поділяються на дві групи: зварювання тиском і зварювання плавленням.

Зварювання тиском

Зварювання тиском – це процес з'єднання поверхневих шарів деталей. При з'єднанні відбувається активна дифузія частинок, що призводить до повного зникнення межі розділу і проростання через неї кристалів.

До зварювання тиском відносять: електроконтактне (стикове, точкове, роликкове, імпульсне, поздовжньо-стикове), газопресове, термітне.

При зварюванні тиском деталі, які зварюються, можуть або нагріватися до температури плавлення, або залишатися холодними (наприклад, зварювання пластичних металів – свинцю і міді).

Зварювання плавленням

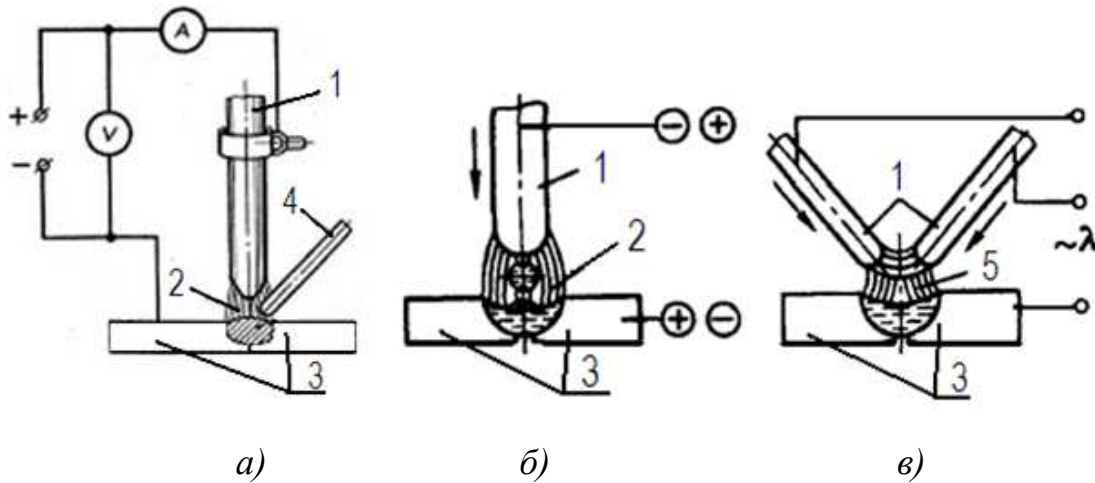
Зварювання плавленням – це процес з'єднання двох деталей або заготовок у результаті кристалізації загальної зварювальної ванни, отриманої розплавленням крайок, що з'єднуються, і присадного матеріалу. У цьому випадку кромки деталей, що з'єднуються, і присадний матеріал нагріваються до температури плавлення джерелом енергії великої потужності і високої зосередженості (повинен концентрувати енергію на малій площі зварювальної ванни і встигати розплавляти все нові і нові ділянки металу). При цьому утворюється зварювальна ванна. Після охолодження і затвердіння залишається зварений шов і виходить нероз'ємне з'єднання.

Найбільш широке застосування для зварювання металів плавленням знайшли: *дуговий* електрод (металевий), що плавиться, і електрод, що не плавиться (вольфрам, вугілля), і *газовий* вид зварювання.

Електричне дугове зварювання

Джерелом теплоти при дуговому зварюванні є електрична дуга, яка горить між електродом і заготовкою. Залежно від матеріалу і кількості

електродів, а також способу включення електродів і заготовки до ланцюга електричного струму, розрізняють такі види дугового зварювання: зварювання неплавким (графітовим або вольфрамовим) електродом 1 дугою прямої дії 2, при якій нероз'ємне з'єднання двох деталей 3 утворюється шляхом розплавлення їх кромки із застосуванням присадного матеріалу 4 (рис. 3.1, а); зварювання електродом 1, що плавиться, дугою прямої дії 2 з одночасним розплавленням кромки з'єднувальних деталей 3 і електрода, який поповнює зварювальну ванну рідким металом (рис. 3.1, б); зварювання трифазною дугою 5, при якій дуга горить між електродами 1, а також між кожним електродом і деталями 3, що зварюються (рис. 3.1, в).



1 – електрод; 2 – дуга прямої дії; 3 – деталі, що зварюються;
 4 – присадний матеріал; 5 – трифазна дуга
 а – електрод, що не плавиться,
 б – електрод, що плавиться, в – трифазна дуга
 Рисунок 3.1 – Зварювання електродом

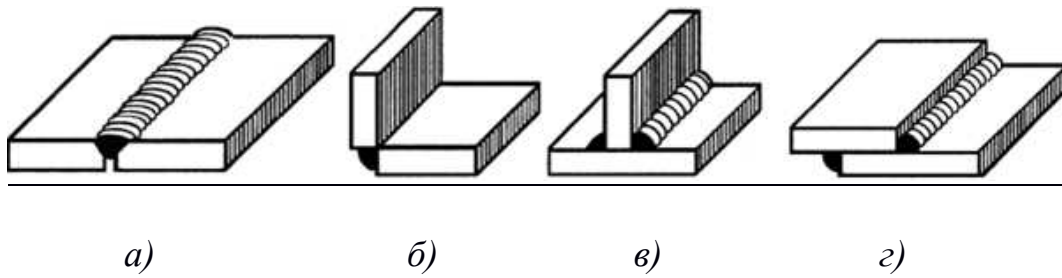
Дуга утворюється за рахунок постійного або змінного струму.

Перший вид дугового зварювання (рис. 3.1, а) використовується для зварювання дефектів у литих чавунних деталях, при наплавленні твердими сплавами, а другий (рис. 3.1, б) і третій (рис. 3.1, в) види – при ручному і автоматичному зварюванні.

Види конструктивних з'єднань деталей зварюванням

Залежно від взаємного розташування деталей, що зварюються, розрізняють (рис. 3.2): стикові, кутові, таврові і з'єднання внапусток.

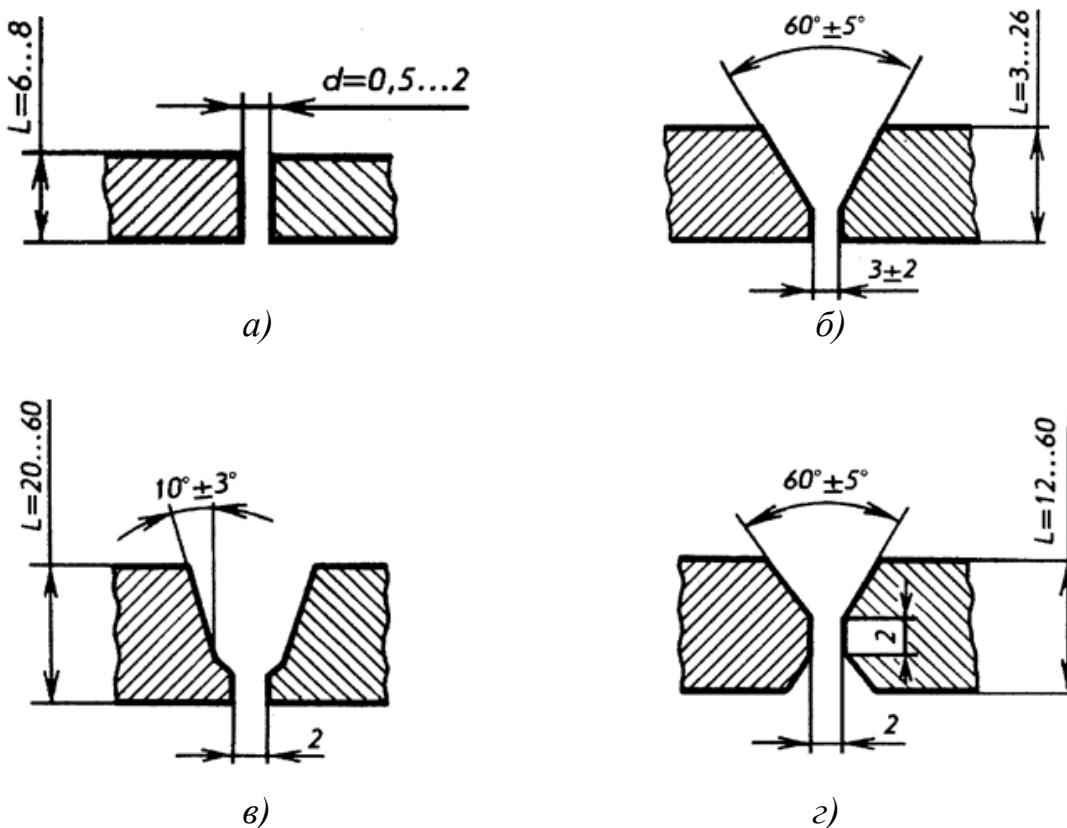
Кромки деталей, що з'єднуються, залежно від технології зварювання (ручна або автоматична) і розташування шва (вільний доступ до нього з одного боку або двох сторін) можуть бути рівними або спеціально підготовленими (зрізаними) для подальшого з'єднання зварюванням. Краї виготовляють струганням або фрезеруванням.



а – стикові, б – кутові, в – таврові, г – внапусток
Рисунок 3.2 – З'єднання

Залежно від товщини зварювальних деталей (рис. 3.3) при стиковому з'єднанні деталей зварюванням виробляють різну підготовку кромки: при товщині металу до 8 мм зварювання виробляють без розділу крайок (рис. 3.3, а); при товщині до 26 мм виробляють V-подібний поділ крайок (рис. 3.3, б); при товщині понад 20 мм зварюють з криволінійним скосом кромки (рис. 3.3, в); при товщині металу понад 12 мм рекомендується двосторонній X-подібний поділ крайок (рис. 3.3, г).

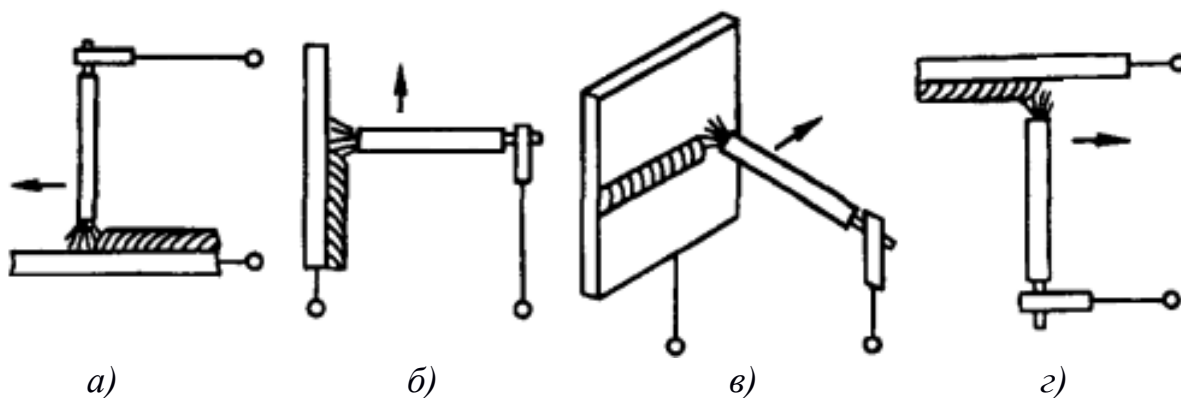
Обов'язковою умовою при зварюванні стику є зазор між деталями, які зварюються. Величина зазору може досягати 4-5 мм.



а – без поділу крайок, б – з V-подібним поділом крайок,
в – з криволінійним скосом кромки,
г – з двостороннім X-подібним поділом крайок

Рисунок 3.3 – Зварювання

Ручне зварювання дозволяє виконувати шви в різних просторових положеннях (рис. 3.4): нижньому, вертикальному, горизонтальному і стельовому.



*а – у нижньому, б – у вертикальному,
в – у горизонтальному, г – у стельовому*

Рисунок 3.4 – Зварювальні шви в різних положеннях

Вертикальні і горизонтальні шви виконують електродами діаметром до 5 мм короткою дугою. Стельові шви, для яких зварювальна ванна розташована дном вгору, виконують електродами з діаметром до 3 мм також короткою дугою.

Електроди для ручного дугового зварювання

При зварюванні електродом, що не плавиться, використовуються графітові або вугільні електроди діаметром 6...30 мм і довжиною 200...300 мм.

Для зварювання електродом, що плавиться, використовуються сталеві електроди діаметром 1,6...12 мм і довжиною 150...450 мм.

Для зварювання сталей використовуються електроди 75 марок. З них 39 – для високолегованих, 30 – легованих і 6 – низьковуглецевих сталей.

Для стабілізації горіння дуги при зварюванні використовуються електроди з захисним покриттям (обмазкою). До їх складу входять сполуки кальцію, натрію і калію, а також горючі речовини і рідке скло в якості сполучної речовини.

З метою поліпшення якості зварного шва до складу покриття вводять розкислювачі і легуючі елементи. У якості розкислювачів використовується алюміній, марганець, порошок титану, тобто елементи, що мають більшу спорідненість до кисню, ніж залізо. Продукти розкислення зварювальної ванни у вигляді оксидів Al_2O_3 , SiO_2 , MnO в металі не розчиняються і спливають у швах.

У якості шлакоутворюючих речовин додатково використовуються оксиди Si (SiO_2), карбонати ($CaCO_3$, $MgCO_3$) і плавиковий шпат (CaF_2).

У якості легуючих елементів використовуються хром, ванадій, молібден, нікель. Призначення цих елементів – підвищення механічних і фізичних властивостей зварювального шва при зварюванні легованих сталей або наплавленні зносостійких покриттів.

Вибір режиму зварювання

Основними параметрами режиму зварювання є діаметр електрода d (вимірюється в *міліметрах*) і сила струму I (вимірюється в *амперах*). Діаметр електрода вибирають залежно від товщини металу, що зварюється, від номера шару і положення шва в просторі і розраховують за формулою

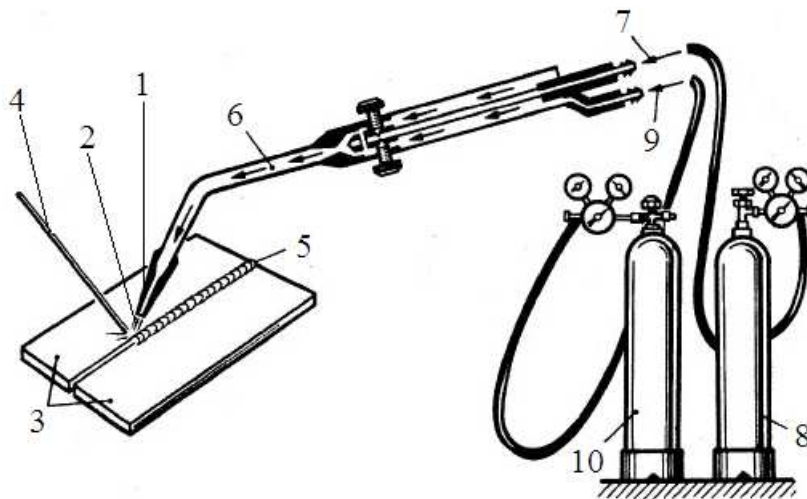
$$I = k \cdot d, \quad (3.1)$$

де k – коефіцієнт, А/мм.

Коефіцієнт $k = 35 \dots 40$ – для електродів з високолегованої сталі і $k = 40 \dots 60$ – для електродів з низьколегованої і вуглецевої сталі, що мають діаметр до 6 мм.

3.2 Ручне газове зварювання. Режими зварювання. Переваги та недоліки газового зварювання

При газовому (або автогенному) зварюванні в якості джерела енергії використовують полум'я ацетиленокисневого пальника, що утворюється в результаті згоряння газу ацетилену в суміші з киснем (рис. 3.5).



1 – сопло пальника; 2 – полум'я; 3 – деталі; 4 – присадний матеріал;
5 – зварювальний шов; 6 – пальна суміш; 7 – кисень;
8 – кисневий балон; 9 – ацетилен; 10 – ацетиленовий балон

Рисунок 3.5 – Газове зварювання

У деяких випадках замість ацетилену можуть використовуватися його заміники: пропан-бутан, метан, пари бензину або гасу. Останнім часом збільшується обсяг використання в якості пального газу водню, який отримують електролізом води. Однак найбільше застосування має ацетилен (C_2H_2), що дає найбільш високу температуру полум'я (близько $3\ 000^\circ C$) і найбільшу кількість тепла, що корисно використовується при зварюванні і залежить від кількості ацетилену, що згорає за секунду.

На виході з сопла пальника 1 виникає полум'я 2, яке доводить до розплавленого стану кромки зварювальних деталей 3 і присадний матеріал 4, в результаті чого утворюється зварювальний шов 5. А горюча суміш 6 в соплі пальника утворюється при змішуванні кисню 7 з кисневого балона 8 і ацетилену 9 з ацетиленового балона 10.

Газове зварювання використовують при виготовленні та ремонті виробів з тонколистової сталі товщиною 1...3 мм, зварюванні деталей з маловуглецевих і низьколегованих сталей, чавуну, алюмінію, міді, латуні, наплавленні твердих сплавів, виправленні дефектів лиття та ін.

Технологія газового зварювання

Залежно від співвідношення кисню (O_2) і ацетилену (C_2H_2), що надходять до пальника, розрізняють три види полум'я: нормальне (відновне); кисневе (при надлишку O_2); науглецеве (при надлишку C_2H_2).

В основному застосовують нормальне полум'я. У цьому випадку в пальник подається недостатня для повного згорання кількість O_2 (на 1 обсяг C_2H_2 подається 1...1,2 обсягу O_2).

Факел нормального полум'я 1 складається з трьох зон (рис. 3.6):

- ядро факела 1 (температура близько $1\ 000^\circ C$);
- зварювальна зона 2 (температура до $3\ 200^\circ C$);
- кінцева зона 3 (температура до $1\ 200^\circ C$).

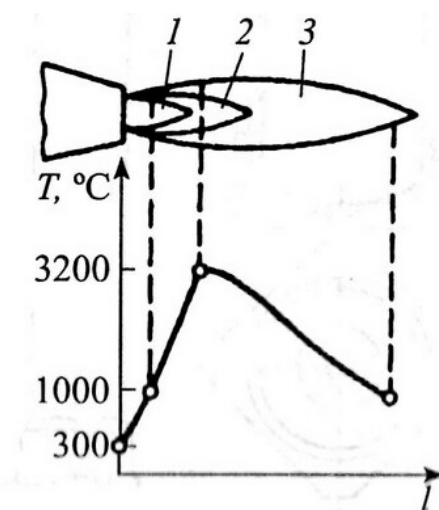


Рисунок 3.6 – Полум'я при газовому зварюванні

Зона ядра (ядро факела 1) складається з розжарених частинок незгорілої суміші C_2H_2 і O_2 і характеризується яскраво білим світінням.

У зоні 2 відбувається неповне згоряння вуглецю з утворенням CO , у зв'язку з чим зона має відновлювальний характер (має синюватий колір). Саме цією частиною полум'я зварюють.

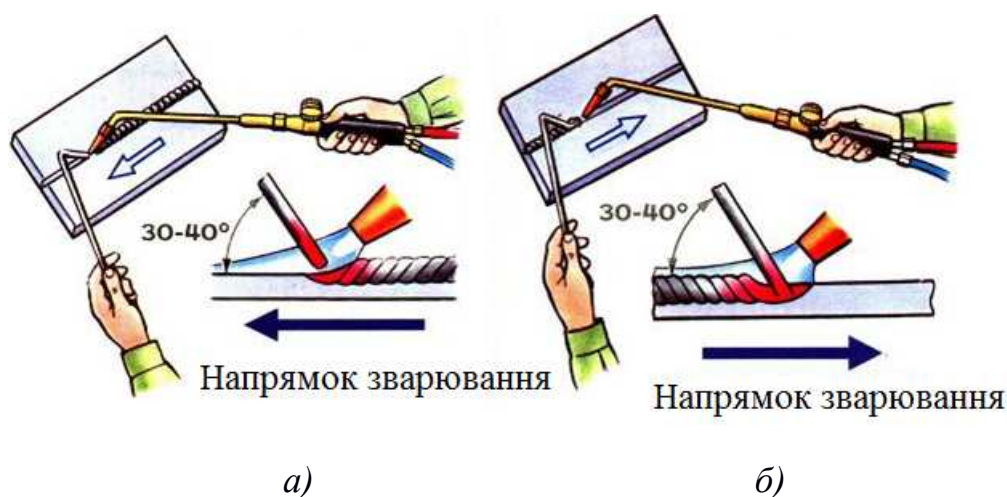
У зоні 3 відбувається допалювання окису C і H_2 (полум'я цієї зони оздоблює внутрішні зони і має жовтуватий з червоним відтінком колір).

Залежно від хімічного складу, товщини зварюваного матеріалу і вимог до якості зварного шва підбирається відповідний номер наконечника пальника, вибирається спосіб переміщення пальника і присадного матеріалу по шву, регулюється надходження ацетилену і кисню в необхідному співвідношенні.

Регулювання проводиться залежно від властивостей зварюваного матеріалу. Для зварювання сталі і більшості кольорових сплавів застосовується відновне полум'я, для зварювання чавуну – полум'я з надлишком ацетилену. Кут нахилу полум'я пальника залежить від товщини зварюваного матеріалу: чим товще матеріал, тим більше кут. Перед зварюванням кромки деталей ретельно зачищають.

Залежно від техніки виконання зварювання розрізняють лівий і правий способи (рис. 3.7).

При лівому способі газового зварювання (рис. 3.7, а) полум'я направлено від шва, присадний дріт рухається попереду полум'я, а процес зварювання ведеться справа наліво. Пальник переміщується за присадним прутком. Цей спосіб застосовують при зварюванні тонкостінних (до 3 мм) конструкцій і при зварюванні легкоплавких металів і сплавів.



а)

б)

а – лівий, б – правий

Рисунок 3.7 – Способи газового зварювання

При правому способі газового зварювання (рис. 3.7, б) полум'я зварювального пальника направлено на шов, присадний дріт рухається позаду полум'я, а процес зварювання ведеться зліва направо. Пальник переміщується попереду присадного прутка. Застосовується для з'єднання матеріалів товщиною понад 5 мм з підготовленими кромками.

При правому способі газового зварювання забезпечується кращий захист зварювальної ванни, нижче витрата газів, вище якість шва (розплавлений метал краще захищений полум'ям, яке одночасно робить і подальший відпал наплавленого металу, сповільнюючи його охолодження). При лівому способі краще формування шва, тому що зварювальник добре бачить процес зварювання. При товщині металу до 3 мм більш продуктивний лівий спосіб, при великих товщинах – правий.

Вибір режиму газового зварювання

Основними параметрами режиму газового зварювання є потужність полум'я V_a , кут нахилу пальника і діаметр присадного прутка d .

Потужність полум'я залежить від товщини металу і його теплофізичних властивостей. Чим більше товщина металу і вище температура плавлення і теплопровідність, тим більше повинна бути потужність полум'я. Потужність полум'я залежить від витрати пального газу і кисню. При зварюванні сталі і чавуну витрата ацетилену V_a (розмірність: літрів за годину, л/год) пов'язана з товщиною s співвідношенням

$$V_a = (100 - 150) s. \quad (3.2)$$

При зварюванні міді унаслідок її більш високої теплопровідності:

$$V_a = (150 - 200) s. \quad (3.3)$$

Кут нахилу мундштука пальника у відношенні до площини виробу також залежить від товщини і теплофізичних властивостей металу. Зі змінною товщини сталі від 1 до 15 мм кут нахилу мундштука змінюється в межах 10...80°.

У початковий момент зварювання для кращого прогріву металу і швидкого утворення зварювальної ванни кут нахилу встановлюють найбільшим (80...90°). Потім він зменшується.

Діаметр присадного прутка (у міліметрах) вибирають залежно від товщини металу, користуючись співвідношенням

$$d = s/2 \div (s/2 + 1). \quad (3.4)$$

Переваги та недоліки газового зварювання

Основною перевагою газового зварювання є її незалежність від електричних джерел живлення. Це робить зручним її застосування в будівельних і монтажних умовах, де не завжди є силова електрична мережа. При газовому зварюванні можна в широких межах регулювати швидкість

нагріву і охолодження металу, що зварюється, за рахунок зміни кута нахилу пальника і його відстані до виробу, що дозволяє уникати прожогів навіть при зварюванні тонкого металу. Типовим прикладом є зварювання водопровідних труб малого діаметра, коли відсутній доступ до зворотної сторони шва. Обладнання для газового зварювання досить мобільно і транспортабельно.

Недоліками газового зварювання в порівнянні з дуговим є його низька продуктивність (менша швидкість нагріву металу), велика зона теплового впливу на метал, високі вимоги до кваліфікації зварника. При газовому зварюванні концентрація тепла менше, а викривлення деталей, що зварюються, більше, ніж при дуговому зварюванні. Також процес газового зварювання важче піддається механізації і автоматизації. У зв'язку з цим на машинобудівних підприємствах за умови стабільності програми випуску продукції газове зварювання не може конкурувати з дуговим і практично не застосовується.

Контрольні питання

1. Зварювання. Призначення. Недоліки. Класифікація зварювання.
2. Зварювання. Зварювання плавленням і зварювання тиском. Характерні риси кожного виду зварювання.
3. Електродугове зварювання. Різновиди. Класифікація зварювальних з'єднань.
4. Електродугове зварювання. Вибір режиму зварювання. Електроди для ручного дугового зварювання.
5. Газове (автогенне) зварювання. Джерело енергії. Три види полум'я.
6. Ручне газове зварювання. Вибір режиму зварювання. Праве та ліве газове зварювання.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ройтман, И. А.** Основы машиностроения в черчении: учебник для студ. высш. учеб. заведений. В 2 кн. Кн. 1 / И.А. Ройтман, В.И. Кузьменко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – 224 с.

2. **Ройтман, И. А.** Основы машиностроения в черчении: учебник для студ. высш. учеб. заведений. В 2 кн. Кн. 2 / И.А. Ройтман, В.И. Кузьменко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – 208 с.

3. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский [и др.]. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с.

4. Материаловедение и технология металлов / Г. П. Фетисов [и др.]. – М. : Высш. школа, 2001. – 640 с.

5. Технология конструкционных материалов: учебник / Г. А. Прейс [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1991. – 391 с.

6. Допуски и посадки: справочник. В 2-х ч. Ч. 1 / В. Д. Мягков [и др.]. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отделение, 1982. – 543 с.

7. **Дунаев, П. Ф.** Допуски и посадки. Обоснование выбора: учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов, Л. П. Варламова. – М. : Высш. шк., 1984. – 112 с. : ил.

8. **Кирилюк, Ю. Е.** Допуски и посадки: справочник / Ю. Е. Кирилюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1989. – 135 с.

ДОДАТОК
Тестові питання з дисципліни ОТМ

1. Який запис не використовують у кресленнях при позначенні розміру (з урахуванням його точності):

- а) $10 f 6$;
- б) $\overline{9,987}$;
 $9,978$;
- в) $10_{-0,022}^{-0,013}$;
- г) $10 f 6_{-0,022}^{-0,013}$?

2. Чому дорівнює допуск розміру $10 f 6_{-0,022}^{-0,013}$:

- а) $-0,013$;
- б) $-0,022$;
- в) $-0,009$;
- г) $0,009$?

3. Чому дорівнює основне відхилення розміру $15 h 8_{-0,027}$:

- а) 8 ;
- б) 0 ;
- в) $-0,027$;
- г) $0,027$?

4. Що означає буква «G» у розмірі $40 G 7$:

- а) основне відхилення;
- б) допуск;
- в) квалітет;
- г) поле допуску?

5. Вибрати посадку з натягом у системі отвору:

- а) $40 \frac{R7}{h6}$;
- б) $40 \frac{H7}{r6}$;
- в) $40 \frac{H7}{f6}$;
- г) $40 \frac{F7}{h6}$.

6. Вибрати посадку перехідну в системі вала:

а) $10 \frac{H7}{m6}$;

б) $10 \frac{P7}{h6}$;

в) $10 \frac{H7}{p6}$;

г) $10 \frac{M7}{h6}$.

7. Вибрати розмір основного отвору:

а) $35^{0,025}$;

б) $35_{-0,025}$;

в) $35_{-0,050}^{-0,025}$;

г) $35_{0,005}^{0,020}$.

8. Вибрати розмір основного вала:

а) $100^{0,054}$;

б) $100_{-0,071}^{-0,036}$;

в) $100_{-0,017}^{0,017}$;

г) $100_{-0,054}$.

9. Вибрати посадку на з'єднання внутрішнього кільця підшипника кочення з валом:

а) $\varnothing 50 \frac{H7}{g6}$;

б) $\varnothing 50 \frac{L0}{g6}$;

в) $\varnothing 50 \frac{G7}{h6}$;

г) $\varnothing 50 \frac{G7}{l0}$.

10. Вибрати посадку на з'єднання зовнішнього кільця підшипника кочення з корпусом підшипника:

а) $\varnothing 90 \frac{M7}{h6}$;

в) $\varnothing 90 \frac{L6}{m6}$;

б) $\varnothing 90 \frac{H7}{m6}$;

г) $\varnothing 90 \frac{M7}{l6}$.

11. Який знак шорсткості необхідно проставити на кресленні, якщо розглянуту поверхню необхідно одержати без механічної обробки:

а) $\sqrt{\text{Ra } 2,5}$;

б) $\sqrt{\text{Ra } 2,5}$;

в) $\sqrt{\dots}$;

г) $\sqrt{\text{Rz } 40}$?

12. Яке з'єднання відносять до нероз'ємного:

а) шпонкове;

б) за допомогою заклепок;

в) болтове;

г) шліцьове?

13. Вибрати посадку в з'єднанні призматичної шпонки з пазом втулки:

а) $12 \frac{H7}{p6}$;

б) $12 \frac{P9}{h9}$;

в) $12 \frac{H9}{p9}$;

г) $12 \frac{Js7}{h6}$.

14. Який спосіб центрування маточини на валу, якщо шліцьове з'єднання має таку умовну позначку: $8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9}$:

а) за зовнішнім діаметром D;

б) за внутрішнім діаметром d;

в) за бічними гранями b;

г) за середнім діаметром d_c ?

15. Яке з відхилень відноситься до відхилення розташування:

а) відхилення від циліндричності;

б) відхилення від співвісності;

в) відхилення від площинності;

г) відхилення від круглості?

16. Яке з відхилень відноситься до відхилення форми:
- а) відхилення від перпендикулярності;
 - б) відхилення від симетричності;
 - в) відхилення від прямолінійності;
 - г) відхилення від співвісності?
17. Яка із зазначених сталей є якісною:
- а) сталь 10;
 - б) Ст0кп;
 - в) 20ХН3А;
 - г) У12А?
18. Яка з поданих сталей є швидкорізальною:
- а) У8;
 - б) МСт1;
 - в) Р18;
 - г) 35ХГСА?
19. З якою точністю дозволяє вимірювати розміри мікрометр:
- а) 1 мм;
 - б) 0,1 мм;
 - в) 0,01 мм;
 - г) 0,001 мм?
20. Який з перелічених інструментів не відноситься до свердлильної групи:
- а) зенківка;
 - б) свердло ;
 - в) розгортка;
 - г) фреза?
21. Для виконання якої роботи не застосовують фрези:
- а) обробка площин;
 - б) накатування;
 - в) утворення отвору;
 - г) розрізання металу?
22. На яких механічних верстатах обробляють обертову заготовку:
- а) токарських;
 - б) фрезерних;
 - в) свердлильних;
 - г) стругальних?

23. Який з інструментів при обробленні заготовки не обертається:

- а) свердло;
- б) фреза;
- в) шліфувальне коло;
- г) різець?

24. Яким з інструментів не можна утворювати пази (наприклад, тавровий паз):

- а) свердлом;
- б) фрезою;
- в) протяжкою;
- г) долб'яком?

25. Яке з видів зварювання не можна віднести до зварювання тиском:

- а) гаряче ковальське зварювання;
- б) зварювання тертям;
- в) електроконтактне зварювання (стикове, точкове, роликове);
- г) електричне дугове зварювання?

Для нотаток

Навчальне видання

АЛІЄВА Лейла Іграмотдінівна

ЧУЧИН Олег Володимирович

АБХАРІ Пейман

ГРУДКІНА Наталя Сергіївна

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛООБРОБКИ

Посібник

**для студентів спеціальності 136 «Металургія»
денної та заочної форм навчання**

Редагування і комп'ютерне верстання

І. І. Дьякова

28/2019. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк.. 5,16.
Обл.-вид. арк. 3,16. . Тираж 25 пр. Зам. № 46.

Видавець і виготівник

Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 1633 від 24.12.2003