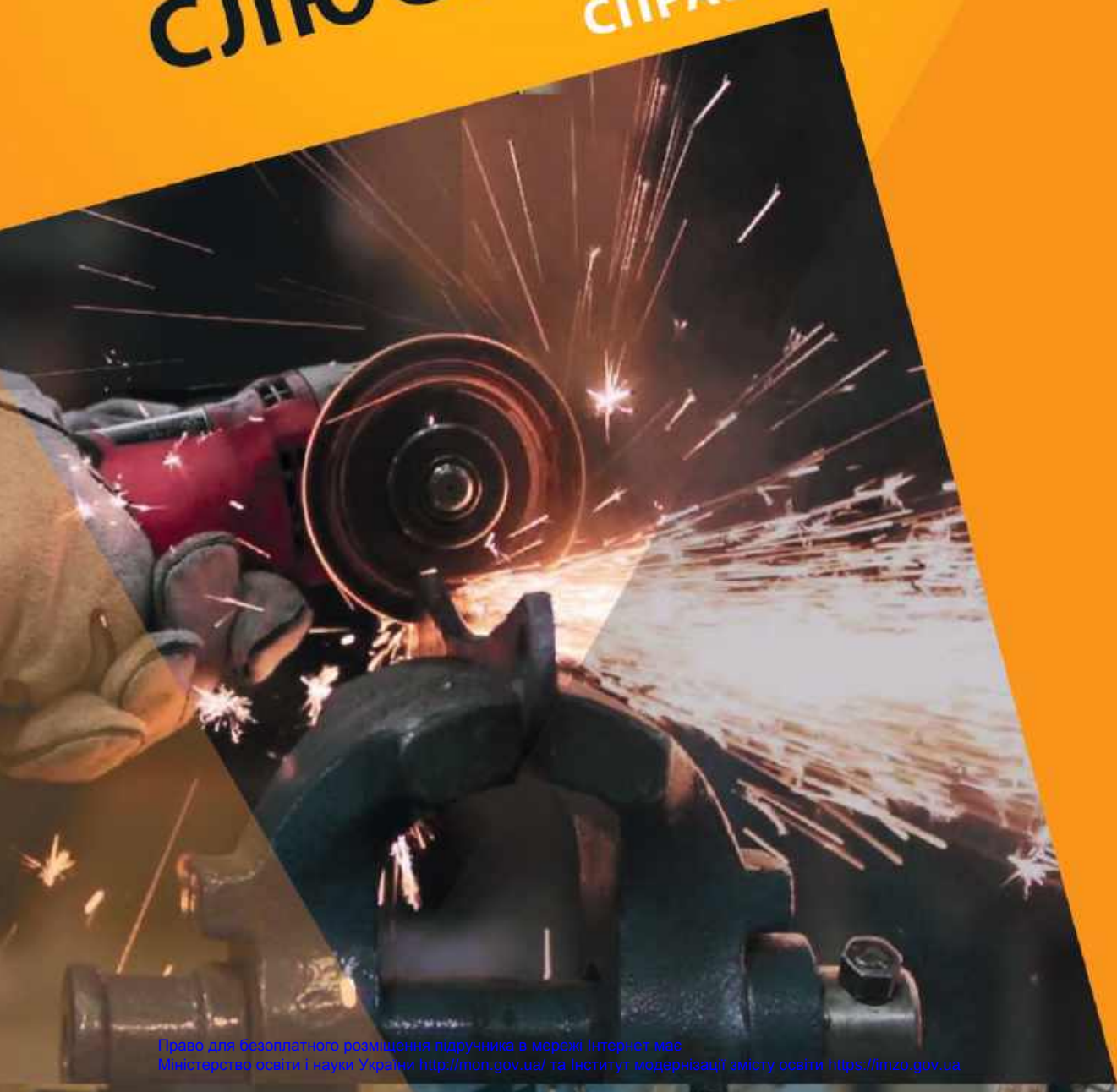


Анатолій Попов
Тетяна Пахар
Олександр Паржницький
Ганна Шулепіна

ОСНОВИ СЛЮСАРНОЇ СПРАВИ



Анатолій Попов
Тетяна Пахар
Олександр Паржницький
Ганна Шулепіна

ОСНОВИ СЛЮСАРНОЇ СПРАВИ

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Чернівці
«Букрек»
2020

УДК 683.3(075)
О-97

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 26.05.2020 № 697)*

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Рецензенти:

Петрова Ольга Олександрівна, методист Навчально-методичного кабінету професійно-технічної освіти у м. Києві;

Микитюк Світлана Миколаївна, директор Навчально-методичного центру професійно-технічної освіти у Чернівецькій області;

Манчуленко Лілія Василівна, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри педагогіки та соціальної роботи Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича.

Попов А. Ф., Пахар Т. В., Паржницький О. В., Шулепіна Г. Ю.

О-97 Основи слюсарної справи: навчальний посібник. Чернівці: Букрек, 2020. 224 с.: іл.

ISBN 978-617-7770-97-7

Мета посібника — ознайомити з основними слюсарними операціями та прийомами їх виконання. У виданні детально описано базове обладнання, інструменти та пристрої, які використовують фахівці слюсарної справи, подано основи стандартизації та відомості про матеріали у слюсарній роботі.

Значна кількість ілюстрацій та доступний виклад текстового матеріалу дає змогу користуватися посібником студентам з особливими освітніми потребами у професійних (професійно-технічних) та інклюзивних навчальних закладах.

Посібник корисний для викладачів, майстрів виробничого навчання, здобувачів освіти закладів професійної (професійно-технічної) освіти й тих, хто прагне самостійно опанувати основи слюсарної справи.

УДК 683.3(075)

ISBN 978-617-7770-97-7

© Попов А. Ф., Пахар Т. В., Паржницький О. В.,
Шулепіна Г. Ю., 2020
© Видавничий дім «Букрек», 2020

Вступ

Друже!

Якщо ти хочеш стати справжнім професіоналом слюсарної справи, ця книга для тебе.

Слюсар — це робітник, який виконує обробку металів, складання, монтаж, демонтаж і ремонт різного обладнання, машин, механізмів і пристроїв. Усю свою роботу слюсар здійснює за допомогою слюсарного інструменту та найпростіших допоміжних засобів і обладнання. Він вправно вміє користуватися електричним і пневматичним інструментами, найпростішими верстатами для різання, свердління, зварювання, згинання чи запресовування.

Працю слюсаря сьогодні дуже цінують. Попри бурхливий розвиток технологій та робототехніки, завжди є попит на справжніх професіоналів. Вони можуть використовувати свої вміння як на найпростіших виробництвах чи у домашньому господарстві, так і на сучасних виробничих підприємствах, оснащених найновішою технікою.

Слюсарні роботи — це обробка металів у холодному стані, виконувана слюсарем за допомогою різних інструментів. Видів таких робіт є дуже багато. Слюсарна обробка доповнює верстатну механічну або є завершальною операцією при виготовленні металевих виробів з'єднанням деталей, при складанні машин і механізмів, а також їх регулюванні.

Посібник, який ти тримаєш у руках, дає тобі змогу не лише дізнатися основні відомості про види слюсарно-складальних робіт. Ти навчишся визначати типи з'єднань деталей, обирати різні матеріали, що застосовуються при слюсарній обробці, зокрема неметалеві, знатимеш основи стандартизації, поняття про допуски і посадки, взаємозамінність деталей.

Стати справжнім фахівцем тобі допоможуть також відомості про види, причини виникнення і способи запобігання бракові, правильну організацію робочого місця, безпеку роботи під час виконання різноманітних слюсарних робіт.

Технологія слюсарної обробки містить ряд основних операцій, які ти опануєш під час курсу «Основи слюсарної справи». Це розмітка, рубання, правка, згинання і різання металів, обпилювання, свердління, зенкування, зенкерування і розгортання отворів, нарізування різьби, клепка, притирання і доведення, пайка та інші.

Окрім відомих раціональних методів слюсарної обробки, у посібнику ти знайдеш елементи механізації та автоматизації слюсарних робіт, а також новітні технології обробки металу у слюсарній справі.

Матеріал посібника структурований таким чином, що тобі буде легко опанувати всі операції — від простих до найскладніших. Усі процеси, які має вміти виконувати слюсар-професіонал, описані детально та доступно, а велика кількість малюнків і схем не дозволить тобі помилитися у жодному з них.

Бажаємо тобі натхнення та успіхів в опануванні обраного фаху!

Автори

РОЗДІЛ 1. СЛЮСАРНІ ОПЕРАЦІЇ

1.1. Розмітка площинна та просторова

Технологічна операція нанесення розмічальних ліній або рисок на заготовках, що визначають місця виконання технологічних операцій, визначених графічним документом, називається **розмічанням (розміткою)**.

Розмітка — дуже відповідальна операція. Від того, наскільки точно вона виконана, залежить якість майбутнього виробу. Розмітка — це перша операція технологічного процесу обробки деталей.

Розмітка буває **площинною** (на одній площині) та **просторовою** (на кількох площинах) (рис. 1.1.1, а, б). Розмітка називається площинною, коли лінії та точки наносяться на площину. Просторова розмітка — це розмітка поверхонь заготовки (деталі), розташованих у різних площинах і під різними кутами, виконується від будь-якої вихідної поверхні або розмічальної риски, обраної за базу.

Для розмічання робоче місце обладнують розмічальними плитами — металевими, товстими, рівними й чистими. Розмічальна плита — це чавунний виливок, горизонтальна робоча поверхня, бічні грані якої дуже точно оброблені (рис. 1.1.2).

Площинну, а особливо просторову розмітку заготовок проводять на розмічальних плитах. Зазвичай розмір таких плит становить 750×1000, 1200×1200, 1000×1500 мм. Великі розмічальні плити виготовляють складеними. Висота робочої поверхні плити від підлоги — 800–900 мм. Встановлюють розмічальні плити на дерев'яних столах, домкратах або на цегельному фундаменті з таким розрахунком, щоб робоча поверхня плити була строго в горизонтальному положенні.



Вимоги до встановлення розмічальної плити:

- невеликі плити встановлюють на міцному дерев'яному столі, а великі — на цегляному фундаменті;
- розмічальну плиту монтують строго горизонтально;
- плиту розташовують у найбільш світлому місці майстерні;
- поверхня плити завжди повинна бути сухою і чистою;

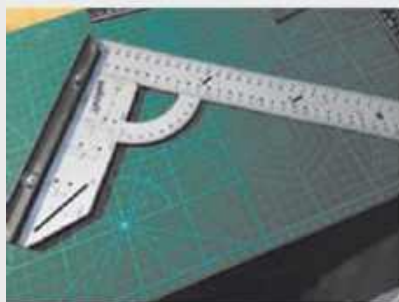
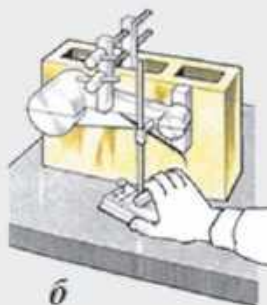
*а**б*

Рис. 1.1.1. Розмітка:
а — площинна;
б — просторова

- один раз у тиждень плиту промивають мінеральною оливою або скипидаром;
- плиту треба оберегати від забоїв і подряпин;
- розмічальні інструменти й пристосування повинні легко рухатися на розмічальній плиті, тому її поверхню рекомендується покривати тонким шаром порошкоподібного графіту і натирати;
- після закінчення розмітки плиту закривають дерев'яною кришкою для запобігання потрапляння пилу і випадкових ударів.

При звичайних методах розмітки похибка може становити приблизно 0,5 мм.

Площинну та просторову розмітку деталі проводять на основі креслення. Щоб правильно вибрати заготовку для виготовлення виробу, потрібно уважно вивчити креслення деталі та визначити **припуск на обробку**. Припуски на обробку залежно від матеріалу і розмірів деталі, її форми, способу встановлення при обробці дізнаються з довідників. Після цього визначають поверхні (бази) заготовки, від яких треба відкладати розміри у процесі розмітки. При площинній розмітці базами можуть служити оброблені кромки заготовки або осьові лінії, які наносять в першу чергу. За бази також зручно приймати припливи, бобишки. Далі, якщо потрібно, заготовку випрямляють (вирівнюють поверхню). Всі розміри заготовки повинні бути ретельно розраховані, щоби після обробки на поверхні не залишилося дефектів.

Щоб краще було видно лінії (контури) розмітки, металеву заготовку очищають від бруду та іржі металевою щіткою або шліфувальною шкуркою на паперовій чи тканинній основі. Щоб риси були чіткими й не стиралися, деталь перед розміткою покривають фарбою (рис. 1.1.3).



Рис. 1.1.3. Нанесення фарби на заготовку

Для цього використовують такі речовини:

1. Звичайна суха крейда, якою натирають поверхню металу. Ця фарба дуже нетривка.

2. Крейда, розведена у воді до густини молока. Цю суміш кип'ятять, додають столярного клею і знову кип'ятять.

3. Розчин мідного купоросу в воді. На склянку води беруть 2–3 ложки купоросу. Від цього розчину на поверхні деталі залишається тонкий шар фарби кольору міді, на якому добре видно риси.

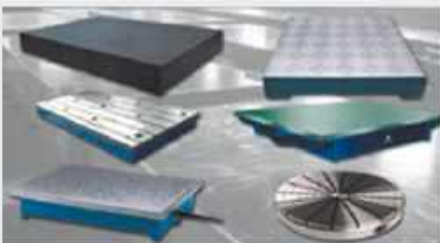


Рис. 1.1.2. Різновиди розмічальних плит

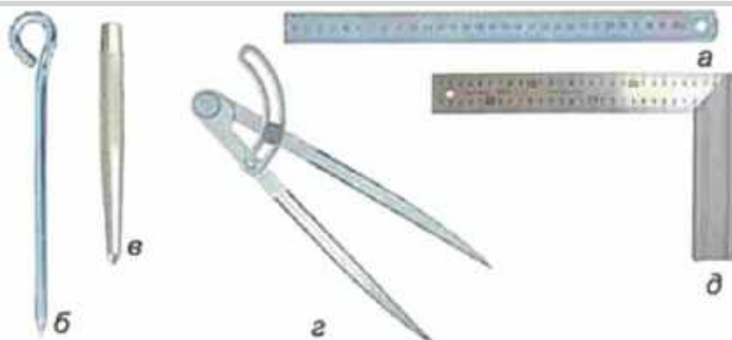


Рис. 1.1.4. Розмічальні слюсарні інструменти:
а — масштабна лінійка;
б — рисувалка;
в — кернер; г — слюсарний циркуль;
д — кутник

Розмітку виконують спеціальними розмічальними інструментами. Кожен з них призначений для виконання певних технологічних операцій (рис. 1.1.4).

Для розмічання прямих ліній, вимірювання і відкладання на заготовці розмірів користуються **металевою масштабною лінійкою**.

Нанесення рисок і ліній на металевих, пластмасових та інших поверхнях виконують **рисувалкою (кресляркою)**.



Рис. 1.1.5. Рисувалки по металу

Виготовляють рисувалки з інструментальної сталі У10 або У12 (твердість HRC 58–62) або зі сталюного дроту, загартовують і загострюють (рис. 1.1.5).

Розпочинати розмічання заготовки потрібно з нанесення базових ліній, від яких потім відкладаються розміри й розмічаються контури майбутнього виробу. Першу лінію проводять на відстані 5–3 міліметрів від краю заготовки. Для отримання чіткої і прямої лінії треба проводити риску з невеликим натиском, не змінюючи нахилу рисувалки щодо вузького ребра косинця. Не можна по одній і тій же лінії проводити двічі — лінія вийде роздвоєною. Таким самим способом виконують риску ліворуч від базового краю. Далі лінійку прикладають точно до нанесених праворуч і ліворуч рисок, а рисувалку — у такому положенні, щоб її вістря точно збігалось з нанесеними рисками (рис. 1.1.6, а, б). Лише за такої умови розмічають базову лінію, з'єднуючи обидві риси (рис. 1.1.6, в).

Що більша відстань між рисками, то точнішою є паралельність ліній (рис. 1.1.7). Приклавши до базової лінії кутник, проводять другу базову лінію під кутом 90° до першої за 3–5 мм від коротшого краю. Від цих двох ліній треба відкладати всі потрібні для виготовлення виробу розміри.

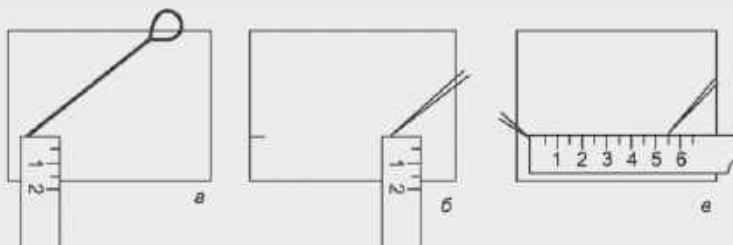


Рис. 1.1.6. Відкладання розмірів масштабною лінійкою

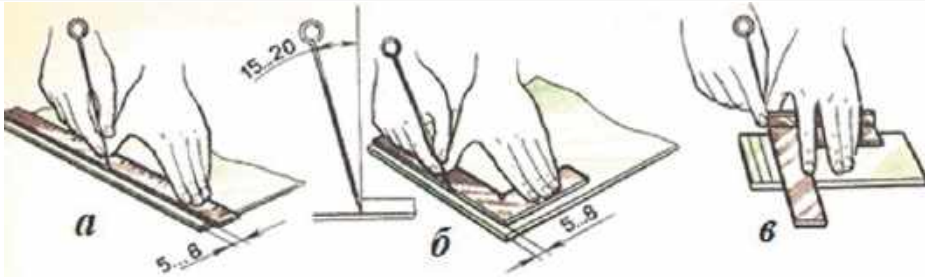


Рис. 1.1.7. Розмічання прямих рисок: а — за лінійкою; б — за косинцем; в — за паралельними рисками

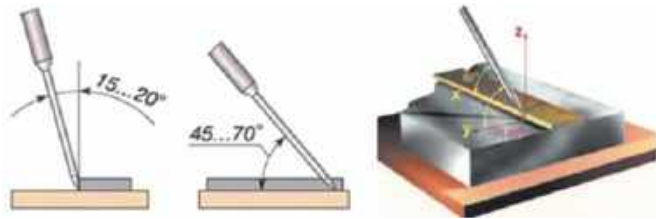


Рис. 1.1.8. Правильне розташування рисувалки при розмічанні

При розмічанні рисувалку тримають з нахилом від лінійки у напрямку «до себе» під кутом $45\ldots 70^\circ$ (рис. 1.1.8).

Для того, щоб розмічені лінії не стерлися, на них наносять керни (заглиблення кінцевої форми), застосовуючи для цього **розмічальний кернер**, кінець якого заточують зазвичай під кутом 60° , при більш точних розмітках — $30\text{--}45^\circ$, для центрів майбутніх отворів — 75° .

Кернер — це стержень з інструментальної вуглецевої сталі У7, У8 (HRC 52–57) довжиною 100–160 мм і діаметром 8–12 мм.

За допомогою кернера наносять мітки центрів дуг і кіл, місць свердління отворів. Спочатку рисувалкою перетином двох рисок розмічають центр майбутнього отвору. Потім, поклавши заготовку на розмічальну плиту, беруть кернер трьома пальцями лівої руки, встановлюють гострим кінцем у точку перетину рисок і, випрямивши кернер перпендикулярно до площини заготовки, легким ударом молотка по бойку кернера намічають місце отримання отвору (рис. 1.1.9).

Впадину, що залишилась на поверхні заготовки, називають **керном**, а процес — **кернуванням**.

Рис. 1.1.9. Послідовність кернування:
а — розмічання; б — виставлення кернера;
в, г — регулювання перпендикулярності кернера;
д — кернування

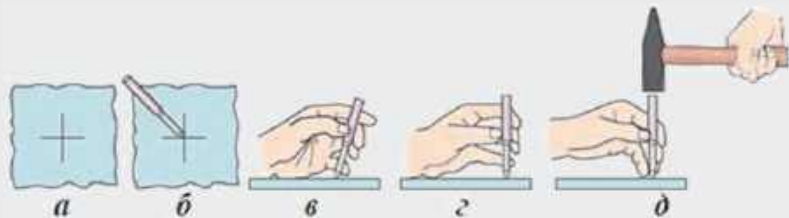
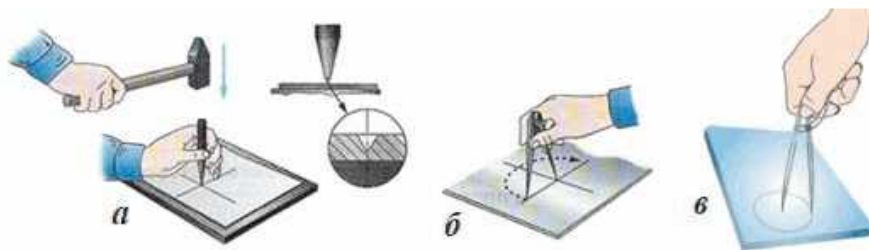


Рис. 1.1.10. Розмічання слюсарним циркулем: а — накернення центру кола; б — проведення дуги; в — проведення кола



Для розмічання дуг і кіл використовують циркуль. Спочатку розмічають центр кола й накернюють його. Потім одну ніжку розмічального циркуля встановлюють у накернений центр, а другою розмічають дугу або коло потрібного радіуса (рис. 1.1.10).

➤ **Вимоги до керніння:**

- центри кернів повинні розташовуватися точно на розмічальних лініях, щоб після обробки на поверхні деталі залишалися половини кернів;
- на довгих лініях (прямих) керни розмічують на відстані від 20 до 100 мм один від одного; на коротких лініях, перегибах, заокругленнях і в кутах — на відстані від 5 до 10 мм;
- лінію кола досить накернити в чотирьох місцях — де перетинаються осі;
- на оброблених поверхнях деталей керни наносять тільки на кінцях ліній;
- іноді на чисто оброблених поверхнях риски продовжують до бічних граней і накернують там.

Для розмічання великої кількості однакових за формою і розмірами деталей застосовують **шаблони та трафарети** (рис. 1.1.11).

Шаблони — це найпростіші пристрої, за якими виготовляють або перевіряють однорідні деталі та вироби при їх серійному та масовому виробництві.

Розмітка за шаблоном використовується під час виготовлення великих партій однакових деталей. Вона доцільна, тому що трудомістка і вимагає багато часу. Розмітка за кресленням виконується тільки один раз — під час виготовлення шаблону. Усі наступні операції розмітки заготовок полягають у копіюванні обрисів шаблону. Крім того, ви-

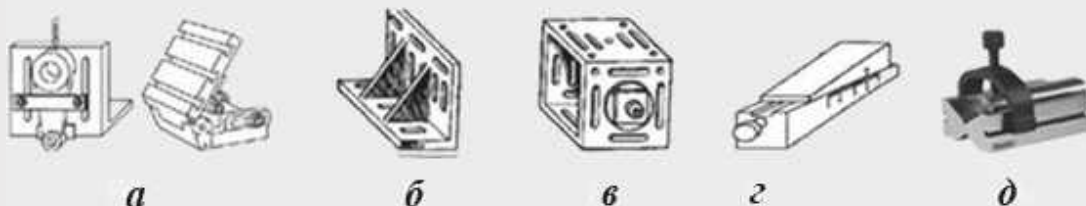


Рис. 1.1.13. Пристосування для розмітки: а — косинці установчі; б — косинець; в — кубик; г — регульовані клини; д — призми; е — домкрати; ж — патрони; з — затискачі; і — поворотні столи

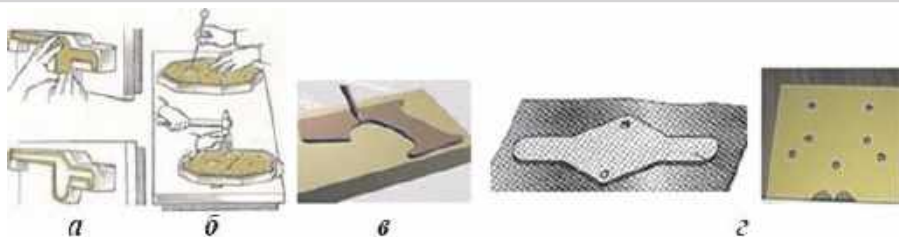


Рис. 1.1.11. Інструменти для розмічання: а; в — шаблони; б; г — трафарети

готовлені шаблони можна використовувати для контролю деталі після обробки заготовки.

Розмічання металевих заготовок проводять на слюсарному верстаку з розмічальною плитою або ж на окремому робочому місці, призначеному для розмічання.

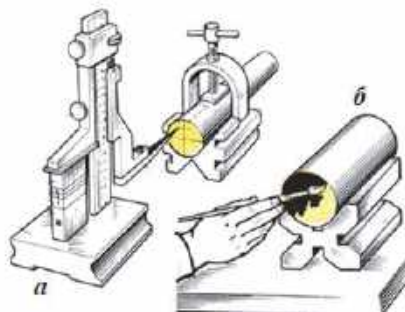


Рис. 1.1.12. Просторова розмітка:
а — рейсмус і деталь;
б — нанесення фарби

Просторова розмітка найбільш поширена в машинобудуванні, та за прийомами вона істотно відрізняється від площинної. Труднощі просторової розмітки полягають у тому, що доводиться не просто розмічати окремі поверхні деталі, розташовані в різних площинах і під різними кутами один до одного, а пов'язувати розмітки цих окремих поверхонь між собою (рис. 1.1.12. а, б).

Рейсмус (рис. 1.1.12, а) служить для нанесення паралельних вертикальних і горизонтальних рисок. Останнім часом частіше використовують штангенрейсмус з гострим наконечником. *До пристосувань для просторової розмітки належать: розмічальні плити, розмічальний ящик, розмічальні косинці й бруски, підставки, рейсмус з рисувалкою, рейсмус з рухомою шкалою, прилад для центрування, ділильна головка й універсальний розмічальний пристрій захоплення, поворотна магнітна плита, трубки з двоєні, регульовані клини, призми, гвинтові підпори* (рис. 1.1.13).

Розташовують інструменти за вже відомими правилами: ближче розташовують ті, якими користуються частіше; інструменти, які беруть правою рукою (рисувалка, циркуль тощо), кладуть праворуч, а ті, які беруть лівою рукою, — ліворуч.



Не допускається використання інструментів не за призначенням, оскільки це може призвести до їх ушкодження — тоді точні вимірювання будуть неможливими.

Після завершення роботи контрольно-вимірювальні та розмічальні інструменти очищають від бруду і зберігають у відповідних місцях у спеціальних футлярах або укладках.

Виконуючи розмітку, слюсар не повинен забувати про гострі кінці рисувалки і розташованих на плиті заготовок. Вони можуть серйозно травмувати робітника.



Правила безпеки під час роботи розмічальним інструментом:

- ➔ роботи, пов'язані зі застосуванням інструментів, що мають колючі та / або різальні частини, необхідно виконувати в рукавицях;
- ➔ під час перерв між роботою на вістрія рисувалок необхідно одягати запобіжні ковпачки або розміщувати їх у спеціальних укладках;
- ➔ потрібно запобігати падінню заготовки, краями якої можна завдати травму;
- ➔ передавати рисувалку або різальний інструмент потрібно вістрям «до себе», а брати — вістрям «від себе»;
- ➔ встановлювати заготовки на розмічальні плити, призми, домкрати та інші пристосування треба так, щоб запобігти їх падінню;
- ➔ при розмітці листових заготовок укладати їх на плити й знімати після розмітки потрібно в рукавицях, щоб не порізати руки гострими краями матеріалу.

Розмічальні риски можна накреслювати як простим кернером, так і електричним. В останньому випадку треба ретельно дотримуватися правил електробезпеки. Варто враховувати, що напруга при контакті корпусу кернера із заготовкою, яка розмічається, у момент нанесення керна дуже висока. Якщо ізоляція струмопровідних частин кернера пошкоджена, під напругою опиняється корпус кернера і заготовка. Тому заготовка або деталь, що розмічається під час роботи електричним кернером, повинні бути добре заземленими.

Дефекти при розмітці:

- невідповідність розмірів розміченої заготовки кресленню;
- неточність установки рейсмуса на потрібний розмір;
- недбала установка заготовки на плиті в результаті неточної вивірки плити.



Правила безпеки праці:

- ➔ встановлення заготовок (деталей) на плиту і зняття з плити необхідно виконувати лише в рукавицях;
- ➔ заготовки (деталі) та пристосування встановлювати не на краю плити, а ближче до середини;

- ➔ перед встановленням заготовок (деталей) на плиту необхідно перевірити її на стійкість;
- ➔ під час роботи на вільні (не використовувані), гостро заточені кінці рисувалки обов'язково одягати запобіжні пробки або спеціальні ковпачки;
- ➔ мідний купорос, що використовується для фарбування, є отруйною речовиною, тому наносити його треба лише пензликом, дотримуючись заходів безпеки;
- ➔ стежити за тим, щоб проходи навколо розмічальної плити були завжди вільними;
- ➔ стежити за справністю кріплення молотка на ручці;
- ➔ видаляти пил і окалину з розмічальної плити лише щіткою, а з великих плит — віником;
- ➔ промаслені ганчірки і папір складати тільки у спеціальні металеві ящики.

1.2. Рубання металу

Рубанням називається технологічна операція зі зняття зайвих шарів металу з заготовки або поділу її на частини вручну за допомогою спеціального слюсарного інструмента (рис. 1.2.1).

З допомогою рубання видаляють напливи, знімають кромки, задирки, ділять заготовку на частини, вирубують деталь з наближеним контуром, роблять отвори, пази, канавки, поглиблення і т. д.

Точність обробки при рубці складає 0,5–0,7 мм.

Рубання металу застосовується в тому випадку, коли практично неможливо або недоцільно застосувати обробку заготовки на металорізальних верстатах. Рубання металу використовується у

виготовленні одиничних деталей в умовах одиничного або експериментального виробництва виробів.

Для рубання металу необхідні такі слюсарні інструменти та обладнання: зубила, крейцмейселі, слюсарні молотки, слюсарні лещата і плити.

Рубання здійснюють у лещатах, на плиті або на ковадлі; громіздкі деталі можуть оброблятися рубанням у місці їх розташування. Для цього найкраще підходять стулові лещата (рис. 1.2, 1, 2). На паралельних лещатах проводити рубання не рекомендують, оскільки губки — їх основні частини, виготовлені з сірого чавуну, можуть не витримати сильних ударів і зламатися.



Рис. 1.2.1. Рубання металу та слюсарні інструменти, що застосовують під час рубання: а — зубило; б — крейцмейсель; в — слюсарні молотки; г — стулові лещата

Основними різальними інструментами при рубанні є *зубило і крейцмейсель*, а ударним інструментом служить *слюсарний молоток* (рис. 1.2.1, а, б, в). Сила удару молотка по зубилу залежить від його маси, величини розмаху і швидкості руху руки.

Важкий молоток збільшує силу удару, але швидше втомлює робітника. Вибір молотка визначається фізичною силою робітника: для підлітків рекомендується застосовувати молотки масою від 400 до 600 грамів, а для дорослих робітників — від 600 до 800 грамів.

При рубанні листові заготовки затискають у лещата, кладуть на плиту або ковадло (рис. 1.2.2). Для цього краще застосовувати важкі паралельні лещата з шириною губок 120–150 мм. Рубати треба в напрямку до нерухомої губки.

Розрізняють **чорнове і чистове рубання**.

При чорновому рубанні зрубують стружку від 1,5 до 2 мм. При чистовому рубанні знімають шар металу товщиною 0,5–1,0 мм. Розрізняють такі види рубання металу за допомогою зубила: за рівнем губок лещат; вище рівня губок лещат; зрубання шару металу з широких поверхонь; рубання пруткового, смугового і товстого металу навісним ударом.

Вирубування в металі прямих і криволінійних пазів на задану глибину проводять за допомогою крейцмейселя.

➤ **Слюсарні інструменти, які застосовують для рубання металу, повинні відповідати таким вимогам:**

- слюсарні лещата треба міцно прикріпити до стола верстака; губки лещат повинні забезпечувати міцний затиск заготовки, що унеможливорює її переміщення; губки лещат не повинні мати відколів і тріщини, губки необхідно затискати тільки зусиллям рук, а не масою усього тіла.
- молотки повинні бути міцно насаджені на дерев'яні рукоятки і розклинені в отворі сталевими клинами; рукоятка молотка повинна мати овальний перетин з невеликим збільшенням його до кінця; поверхня рукоятки має бути без тріщин, сколів і сучків; довжина ручки для молотків з масою 400–600 грам повинна бути в межах 350–380 мм; робоча частина молотка мусить мати гладку поверхню без сколів і тріщин.



Рис. 1.2.2. Рубання металу: а — на плиті; б — у лещатах; в — на ковадлі

- зубила і крейцмейселі не повинні мати тріщин і сколів, бічні сторони їх середньої частини повинні бути зачищені і бути без гострих ребер; поверхня ударної частини мусить бути чистою і злегка опуклою; кут загострення різальної кромки зубила або крейцмейселя вибирають залежно від твердості оброблюваного металу.

Рубання металу **за рівнем губок лещат** здійснюють у певній послідовності.

Заготовку встановлюють і затискають між губками лещат таким чином, щоб розмічальна лінія була на рівні губок лещат. Зубило встановлюють до краю заготовки так, щоб його різальна кромка

лежала на поверхні двох губок і своєю серединою стикалася з відрубаним металом.

Рубання необхідно проводити зубилом з добре заточеною кромкою. При рубці треба вибирати зубило або крейцмейсель певної довжини, при якій ударна частина розташовувалась б на відстані 25–30 мм від великого пальця лівої руки, що тримає зубило.

Молоток беруть правою рукою за рукоятку на відстані 15–30 мм від кінця, охоплюючи чотирма пальцями і притискаючи до долоні, великий палець накладаючи на вказівний, міцно стискаючи всіма пальцями. Усі пальці залишаються в такому положенні під час замаху, а також удару (рис. 1.2.3).

Установлення зубила на поверхні двох губок рекомендується виконувати з виконанням таких правил: кут нахилу зубила до оброблюваної поверхні повинен дорівнювати 30–35°, а кут нахилу зубила до осі губок лещат — 45°.

Дотримання цих правил запобігає пошкодженню поверхні губок лещат і різальної частини зубила.

При рубці правою рукою завдають удари молотком по зубилу і в проміжку між ударами переміщують зубило уздовж заготовки. При цьому способі рубання зрубаний шар металу завжди закручується і йде у відходи. Таким же чином зрубують надлишки металу за іншими розмічальними рисками (рис. 1.2.4).

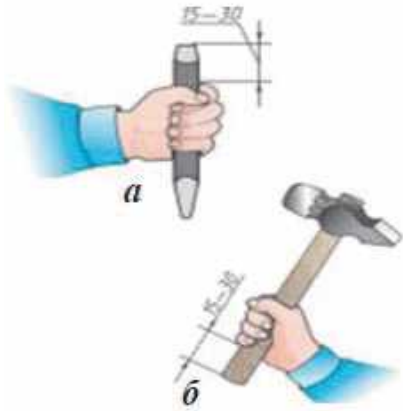


Рис. 1.2.3. Тримання (хватка): а — зубила; б — ручки молотка

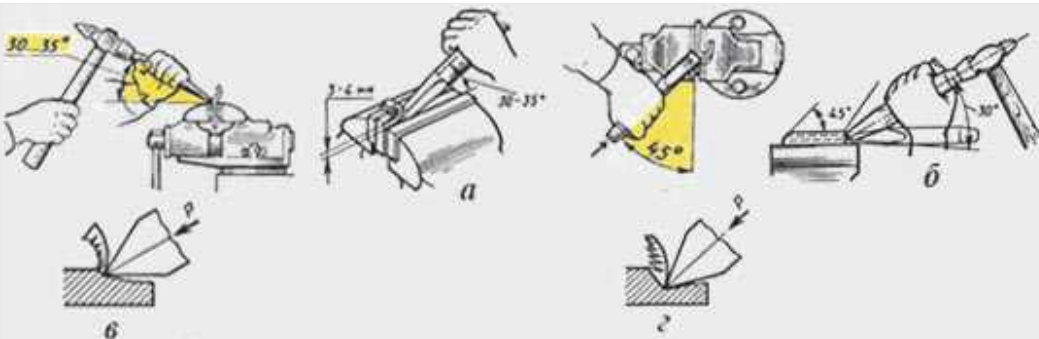


Рис. 1.2.4. Прийоми рубання металу: а — за рівнем губок лещат; б — за розмічальними рисками; в — при малому куті нахилу зубила; г — при великому куті нахилу зубила



Рис. 1.2.5. Приклади вирубання деталей

Необхідно відзначити, що листовий матеріал товщиною 3–5 мм розрубують у два прийоми. Спочатку роблять глибоке (не менше половини товщини листа) надрубання з одного боку заготовки, а потім перевертають її іншою стороною і розрубують остаточно.

Рубання металу **вище рівня губок лещат** здійснюють у певній послідовності.

Спочатку роблять розмітку смугового або товстого листового матеріалу, призначеного до обробки. Після нанесення рисок, що обмежують величину зрубання, на двох сторонах заготовки наносять похилі риски (скоси) і зрубують їх (рубання за рівнем губок лещат). Ці скоси будуть вихідною площиною в початковий момент рубання. Потім заготовку встановлюють між губками лещат так, щоб розмічальна риска була спрямована паралельно до губок і розташована вище їх рівня на 4–8 мм, тобто на висоту скосу. У початковий момент зубило встановлюють на верхню кромку скосу і починають рубання. У міру зрубання стружки ліва рука з зубилом буде рухатись уздовж заготовки. При цьому способі кут нахилу зубила до горизонтальної площини необхідно регулювати. При великому куті нахилу різальна кромка зубила буде врізатися в заготовку і знімати товсту стружку, а при малому куті — зрізати шар металу. При правильному виборі кута нахилу зубила вийде рівномірна по товщині стружка. Практично встановлено, що товщина стружки не повинна перевищувати 0,5–1 мм. Прямолінійність площини різку перевіряють металевою лінійкою.

Зрубання шару металу **з широким поверхнем** виконують у певній послідовності.

Спочатку крейцмейселем прорубують ряд канавок на глибину шару, а потім зрубують зубилом виступи, що утворилися, причому ширина виступів повинна бути рівною довжині різальної кромки зубила.

Зрубання виступів виконують в слюсарних лещатах у певній послідовності.

Заготовку з вирубаними пазами затискають в лещатах так, щоб риска на бічній кромці була вище рівня губок лещат на 5–8 мм. Потім біля краю виступу встановлюють середню частину різальної кромки зубила під кутом 45° до виступу, який потрібно зрубати й, завдаючи удари молотком по зубилу, зрубують виступ. Таким же способом зрубують інші виступи. Після цього вся площина вирівнюється зубилом, по якому слабо ударяють молотком, знімаючи стружку товщиною не більше 0,5 мм. Площина після обробки повинна бути порівняно гладкою і рівною.



Рубання металу **навісним ударом** є найбільш продуктивним і застосовується для обробки заготовок великих розмірів, коли неможливо застосувати рубання в лещатах. Рубання пруткового, смугового або листового металу навісним ударом виконують у певній послідовності.

Спочатку розмічальним інструментом роблять риски, за якими буде проводитися розруб. Далі листовий метал укладають на плиту або ковадло; різальні кромки зубила встановлюють на риску при вертикальному положенні зубила і наносять по ньому легкі удари молотком, переміщаючи уздовж розмітки. Так роблять попереднє надрубання всього контуру деталі (рис. 1.2.5).

Після попереднього надрубання проводять рубання деталі сильними навісними ударами з одного боку заготовки на глибину, більшу її половини.

Число проходів залежить від товщини листової заготовки, кожен зсув зубила по заготовці не повинен перевищувати $2/3$ – $3/4$ довжини його різальної кромки.

При порівняно великій товщині листа, коли важко відразу вирубати деталь з одного боку, лист (заготовку) перевертають і надрубують контур деталі з іншого боку, а потім проводять остаточне рубання.

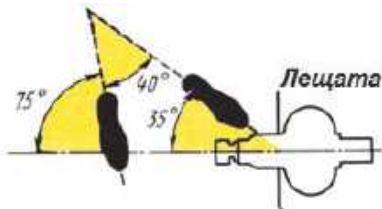


Рис. 1.2.6. Положення слюсаря (постав корпусу і ніг)

Кут загострення різальної кромки зубила визначають залежно від виду оброблюваного металу: 45° — для міді та її сплавів; 60° — для сталі; 70° — для чавуну.

Якість вирубанної деталі перевіряють візуально, звертаючи особливу увагу на величину припуску, залишеного для подальшої обробки.

Для механізації рубання застосовують ручні механізовані інструменти (пневматичні або електричні рубальні молотки).

Якість рубання металу залежить від справності та правильного заточування різального інструмента.

Зубило заточують таким чином, щоб різальна кромка була заокругленою. При рубанні завжди треба користуватися зубилом, у якого гостро заточене лезо. При рубанні крихких матеріалів необхідно застосовувати захисні сітки й окуляри.

Під час рубання металу зубилом вирішальне значення має положення робітника (постав корпусу і ніг), яке повинно створювати найбільшу стій-

кість центру ваги тіла при ударі (рис. 1.2.6).

Кистьовий удар застосовують при виконанні точних робіт, легкій рубці, зрубіванні тонких шарів металу. **Ліктьовим ударом** користуються при звичайній рубці, при зрубіванні шару металу середньої товщини або при прорубіванні па-

зів і канавок. *Плечовим ударом* користуються при знятті товстого шару металу й обробці великих поверхонь (рис. 1.2.7).

Від фізичної сили робітника, розмірів зубила, ваги молотка і твердості оброблюваного металу залежить розмір стружки, що знімається зубилом. Найбільш продуктивним вважається вирубання, при якому за один прохід знімається шар металу завтовшки 1,5–2 мм. Слюсар при знятті шару більшої товщини швидко стомлюється, а поверхня вирубання виходить нечистою. Для отримання чистої і гладкої поверхні при рубці заготовок зі сталі й міді рекомендується змочувати зубило машинним мастилом або мильною водою; чавун треба рубати без мастила.

Крихкі метали (чавун, бронза) варто рубати від краю до середини. У всіх випадках при підході до краю деталі треба не дорубувати поверхню до кінця, а залишати 15–20 мм для продовження рубання з протилежного боку. Таким чином запобігають сколюванню кутів і ребер оброблюваної деталі.



Правила безпеки:

- ➔ надійно закріпити заготовку в лещатах;
- ➔ працювати можна тільки справним інструментом;
- ➔ ударні частини зубила й молотка повинні бути без тріщин і задирок;
- ➔ ручка молотка повинна бути міцно насаджена і не мати тріщин.

Дефекти при рубанні:

- обрубана кромка деталі прямолінійна: деталь слабо затиснута в лещатах — закріплювати її необхідно міцно;
- сторони вирубаної деталі не паралельні: перекіс розмічальних рисок або перекіс заготовки в лещатах — треба дотримуватися правил розмітки й точно встановлювати деталь у лещатах відповідно до розмічальної риски;
- «рвана» кромка деталі: рубання виконувалося занадто сильними ударами або тупим зубилом — необхідно регулювати силу удару залежно від товщини заготовки; кут нахилу зубила повинен бути не менше 30°;
- «рвані» кромки канавки: неправильна заточка крейцмейселя — необхідно крейцмейселя заточувати із заниженням задньої частини різальної кромки;
- відколи на кінці канавки: не обрубана фаска на деталі — перед початком рубання (особливо крихких металів) обов'язково потрібно зрубувати фаску на ребрі заготовки в місці виходу крейцмейселя;

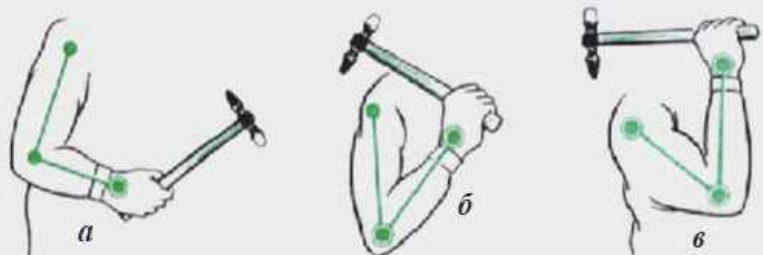


Рис. 1.2.7. Удари молотком: а — кистьовий; б — ліктьовий; в — плечовий

- грубі завали та заруби на обробленій поверхні: рубання здійснювали тупим зубилом; неправильна установка зубила під час рубання; нерівномірність сили ударів молотком по зубилу — раціонально проводити зрубання виступів між прорубаними раніше канавками способом «ялинка»; товщину шару, що знімається, регулювати нахилом зубила;
- відколи на кромці деталі: не обрубані фаски на деталі — необхідно перед рубанням широкої поверхні деталі (особливо з крихкого металу) обов'язково зрубати фаски з усіх ребер;
- непрямолінійна кромка відрубаної деталі: порушення правил розмітки деталі; рубання велося не за розміточною лінією — стежити за прямолінійністю ліній розмітки; точно встановлювати зубило на риску під час рубання;
- кромка відрубаної деталі має глибокі заруби: неправильна заточка зубила — зубило необхідно заточувати злегка закруглено.

1.3. Правка та згинання

Правка — це технологічна операція з усунення вигинів, нерівностей, опуклостей, вм'ятин різної форми, хвилястості та інших дефектів на металевих заготовках.

Дефекти бувають такі: *хвиля, вм'ятина, опуклість*. Правка ділиться на два підвиди: *ручну та машинну*.

Ручну правку і рихтування металу застосовують у домашніх майстернях і при виготовленні унікальних виробів. Набір інструментів нескладний, але потрібна висока кваліфікація робітника — правильника.

Ручну правку листових металевих заготовок здійснюють на масивній сталевій плиті дерев'яними молотками або молотками з міді, алюмінію або свинцю.

Машинну правку використовують у промисловості. Обладнання масивне і складне, але володіє високою продуктивністю і можливостями автоматизації процесу. Крім того, операцію машинної правки часто поєднують зі згинанням і нарізуванням листових заготовок, включаючи її до складу єдиного технологічного комплексу.

Заготовки зі смугової, пруткової й профільної сталі правлять сталевими молотками з круглим опуклим бойком на плиті або ковадлі. Правку труб, валів і кутової сталі здійснюють на ручному гвинтовому пресі з застосуванням призм.

Правку тонкого листового металу (фольги) здійснюють дерев'яними або металевими брусками (гладилами) на гладеньких металевих плитах (рис. 1.3.1).



Рис. 1.3.1. Правка тонкого листового металу



Рис. 1.3.2. Виправлення листової сталі молотком (а) і схема здійснення ударів для виправлення опуклості, розташованої всередині листа (б) і з хвилястістю по краях (в)

➤ **Слюсарні інструменти й предмети, необхідні при правці, повинні відповідати таким вимогам:**

- робоча поверхня дерев'яного молотка мусить бути гладкою і рівною, без тріщин і відколів;
- молотки повинні бути виготовлені з дерева твердої породи. Металеві молотки повинні мати круглий, добре відполірований бойок без вм'ятин і задирок;
- молотки з квадратним бойком для правки заготовок використовувати не рекомендують, тому що від його кутів після ударів залишаються забоїни.

Найскладнішою операцією з усунення дефектів на листовій заготовці є усунення опуклостей, які можуть бути в різних місцях заготовки.

Виправлення листової заготовки здійснюється в такій послідовності.

Для виправлення лист кладуть на плиту опуклістю догори. Крейдою або кольоровим олівцем обводять межі опуклості. Потім, притримуючи лист лівою рукою, правою здійснюють удари молотком рядами, від краю заготовки в напрямку опуклості (рис. 1.3.2). Під ударами молотка рівна частина заготовки буде витягуватися, а опуклість поступово зникати. Удари молотком мусять бути частими, але не сильними, а в міру наближення місць ударів до меж опуклості вони повинні слабшати.

Виправлення триває доти, поки опуклість не зникне, потім заготовку перевертають і легкими ударами молотка остаточно правлять всю її площину.

За наявності декількох опуклостей удари починають завдавати з проміжку між виступами, поступово наближаючись до них. Якщо опуклість розташована біля краю листової заготовки, то правку варто починати від середини листа до країв.

Виправлення смугового металу, зігнутого по площині, проводиться в такій послідовності.

Смугу розташовують на правильній плиті опуклістю догори з дотиком у двох місцях (рис. 1.3.3). Потім починають завдавати удари по краях опуклості по черзі з двох сторін, наближаючись до її середини. Причому, що більша опуклість

(вигин) і товстіша смуга, то сильнішими повинні бути удари молотка по заготовці.

Правку смугових, серповидно вигнутих заготовок здійснюють на плиті. Для цього заготовку кладуть на плиту, однією рукою притискають і молотком (дерев'яним або залізним з опуклим бойком) здійснюють удари поперек смуги. Причому удари треба починати з коротшого боку смуги, тобто того, де метал

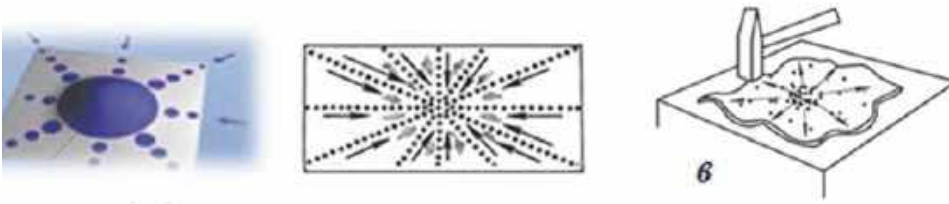


Рис. 1.3.3. Правка зігнутої металевої смуги

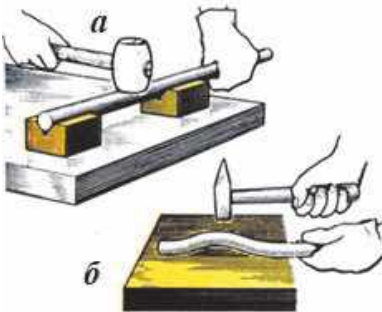


Рис. 1.3.4. Правка сталевго прута круглого перетину: а — на двох призмах; б — на плиті



Рис. 1.3.5. Правка вала на ручному пресі

найбільш стиснутий і його необхідно розтягнути, щоб заготовка вирівнялася.

На початку правки удари молотком по краю увігнутого боку смуги повинні бути сильними, а в міру наближення до протилежної сторони — слабшими. При цьому коротша сторона смуги, яка бере на себе найбільш сильні удари, поступово витягується і заготовка випрямляється. Лінійність смуги перевіряється металевою лінійкою.

Правку сталевго прута круглого перетину на плиті виконують аналогічно до правки смугового металу. Удари завдають молотком по опуклій частині від країв вигину, наближаючись до його середини. Правку закінчують легкими ударами, повертаючи пруток навколо своєї осі. При наявності декількох вигинів спочатку правлять крайні вигни, а потім — розташовані в середині прутка.

Правку сталевго прута круглого перетину на призмах здійснюють у такій послідовності. На плиту встановлюють дві призми (рис. 1.3.4). Заготовку розташовують у призмах таким чином, щоб вигин був між призмами опуклою частиною догори. Притримуючи заготовку лівою рукою, щоб вона не проверталася в призмах, правою завдають удари молотком від країв вигину до його середньої частини. Якість правки (лінійність прутка) перевіряють металевою лінійкою або кутником: кількість просвітів між поверхнею прутка і поверхнею лінійки має бути мінімальною.

Для правлення профільних заготовок, труб і валів, коли сила удару молотком не забезпечує виконання правки, застосовують ручні преси. Як правило, роботу з виправлення заготовки на пресі виконують двоє робітників: один пускає в хід прес, а інший встановлює і знімає виправлену заготовку з преса (рис. 1.3.5).

Рис. 1.3.7. Згинання металу квадратного профілю за допомогою обкатного ролика



Згинання — це слюсарна операція, за допомогою якої заготовка з металу при деформації набуває необхідної просторової форми.

У практиці слюсарної справи слюсарю часто доводиться згинати заготовки з листового, смугового і круглого матеріалу під кутом, з певним радіусом, вигинати різної форми криві (косинці, петлі, скоби). (див. Додаток 4).

Згинання смугової заготовки здійснюють шляхом згинання її на потрібний кут навколо будь-якої оправки, форму якої вона приймає, в слюсарних лещатах за шаблоном або на плиті (рис. 1.3.6).

Згинання квадратного або круглого металу здійснюють на спеціальному ручному пристосуванні, головним робочим інструментом якого є обкатний ролик (рис. 1.3.7).

Згинання труб проводять за допомогою спеціальних пристосувань або на трубозгинальних верстатах (рис. 1.3.8). Принцип дії цього механізму простий: між трьома опорними валами розташовують профільну трубу. Центральний вал створює тиск, згинаючи метал під потрібним кутом. Для загину труби на одній локальній ділянці використовують точковий верстат.

У процесі згинання відбувається деформація металу: його зовнішні шари розтягуються і подовжуються, а внутрішні, стискаючись, коротшають. Середній шар металу, так званий нейтральний, під час деформації зберігає свою довжину незмінною.

Нейтральний шар у симетричних за перетином заготовках (квадратних, листових, смугових, круглих та ін.) розташований посередині поперечного перерізу на рівних відстанях від протилежних сторін, а у несиметричних профілів (трикутного, напівкруглого та ін.) нейтральний шар проходить через центр ваги перерізу.

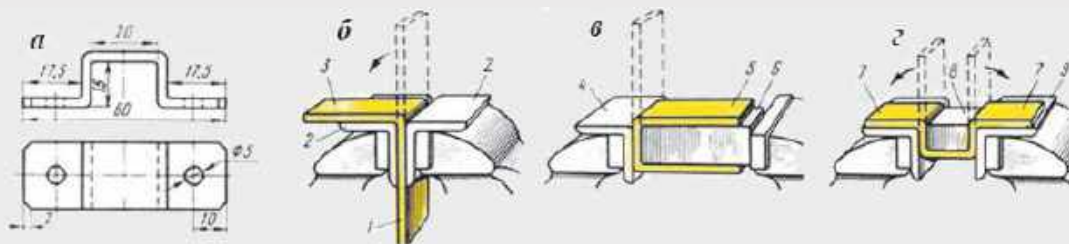


Рис. 1.3.6. Виготовлення скоби зі смугової сталі: а — готова деталь; б — загин першої опори; в — загин другої опори; г — згинання скоби



Рис.1.3.8. Згинання труби на трубозгинальних верстатах

Листовий метал після прокатки має волокнисту структуру. Щоб у процесі згинання листового металу не виникли тріщини, його необхідно гнути поперек волокон або таким чином, щоб лінія вигину становила з напрямком прокату (волокон) кут, рівний 45° .

Під час згинання деталей з листового металу, а також з пружного дроту відбувається розпрямлення деталі після згинання (рис. 1.3.9). Величина кута, на який розпрямляється деталь унаслідок пружних деформацій, залежить від ступеня пружності металу, його товщини і радіуса вигину. Заздалегідь точно визначити кут, на який деталь розпрямляється, дуже важко, тому доводиться заготовки згинати на кут трохи більший заданого кута.



Правила безпеки:

- ➔ користуються лише справним інструментом (правильно насаджені молотки, відсутність на рукоятках тріщин і сколів на молотках);
- ➔ для захисту рук від ударів, вібрацій металу працюють у рукавицях, заготовку на плиті або ковадлі тримають міцно;
- ➔ задля безпеки заготовки міцно закріплюють у лещатах або інших пристосуваннях;
- ➔ перед початком роботи на згинальних верстатах ознайомлюються з інструкцією по експлуатації;
- ➔ роботу виконують обережно, щоб не пошкодити пальці рук;
- ➔ працюють у рукавицях і застібнутих халатах.

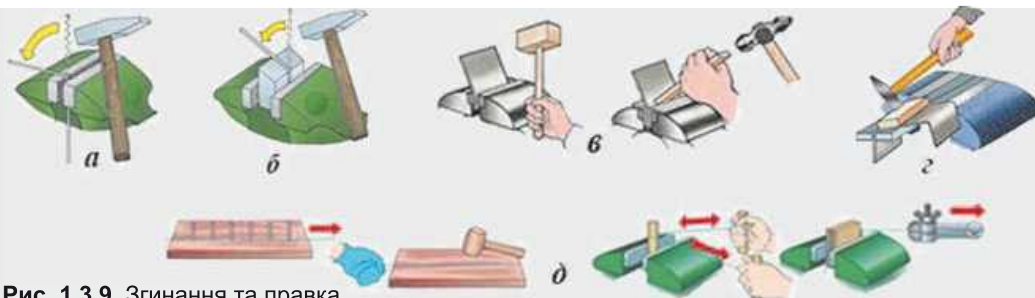


Рис. 1.3.9. Згинання та правка деталей з листового металу та пружного дроту: а — згинання дроту на 90° ; б — згинання за шаблоном кута; в, г — згинання листового металу; д — правка пружного дроту

Дефекти при правці та згинанні металу:

- забоїни на оброблених поверхнях від ребра молотка, вм'ятини, сліди від бойка молотка, що має неправильну і негладку поверхню;
- при згинанні — неправильність розмірів виготовлених виробів, косому загині, пошкодженні оброблених поверхонь. Причинами цих видів браку є неправильна розмітка місць згинання, неправильний затиск металу в лещатах (вище або нижче розмічальної лінії), здійснення занадто сильних ударів, застосування неправильних за розміром оправок;
- скісні згини та механічні пошкодження обробленої поверхні як результат неправильного розмічання або закріплення деталі в лещатах вище чи нижче розмічальної лінії, а також неправильного завдання ударів. Правильно зігнутими вважаються труби, що не мають вм'ятин, випинів і складок.

1.4. Різання

Різання — технологічна операція поділу заготовки на частини, видалення надлишків матеріалу, вирізання пазів або отворів і т. д.

Тонкий листовий метал розрізають **слюсарними ручними ножицями**. Розрізняють *праві* й *ліві* ножиці. У правих ножиць верхнє лезо розташоване праворуч стосовно нижнього леза, а у лівих ножиць — ліворуч (рис. 1.4.1).

Зазвичай при різанні застосовують праві ножиці, оскільки під час роботи з ними добре видно лінії розмітки. Лівими ножицями користуються для вирізання деталей, які мають криволінійний або круглий контур, при цьому різати потрібно так, щоб леза ножиць не закривали лінії розмітки. Різання проводять за годинниковою стрілкою.

У разі використання з цією ж метою правих ножиць операцію різання виконують проти годинникової стрілки. Для різання листових заготовок за кривими лініями застосовують відповідно ножиці з кривими лезами.

Допустима товщина металу, що піддається ручному різанню ножицями, має такі межі: для сталі — 0,5–0,7 мм; для міді та її сплавів — 0,5–1,0 мм; для алюмінієвих сплавів — 0,5–1,0 мм; для алюмінію — 1,5–2,5 мм.

Підготовка заготовки до різання ручними ножицями полягає в правці заготовки і позначенні розмічальних ліній. Ножиці вибирають залежно від характеру виконуваної роботи. Найчастіше використовують ножиці, які мають довжину 250–300 мм.

Леза ножиць у шарнірному з'єднанні повинні щільно прилягати один до одного і мати легкий хід.

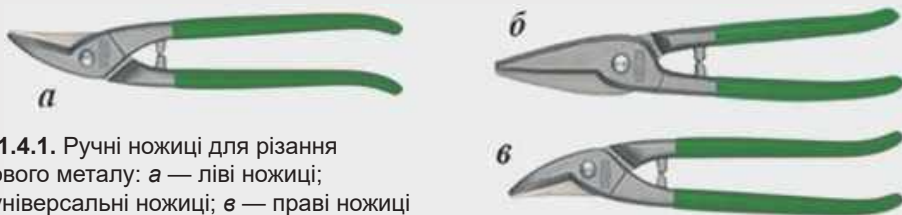


Рис. 1.4.1. Ручні ножиці для різання листового металу: *а* — ліві ножиці; *б* — універсальні ножиці; *в* — праві ножиці

При великому зазорі між різальними лезами метал, що розрізається, буде м'ятись і заклинюватись. При тугому ході в момент різання між лезами виникає велике тертя, що вимагає докладання додаткових зусиль під час роботи.

Процес різання листового металу **ручними ножицями** здійснюється в певній послідовності.

Лівую рукою тримають листову заготовку, а правою — ножиці. У початковий момент різання стиснуті пальці розтискають. Мізинцем, який розташовується між рукоятками ножиць, відводять нижню рукоятку на необхідний кут. Лівую рукою подають листову заготовку між лезами ножиць і, стискаючи їх рукоятки, здійснюють різання (рис. 1.4.2). При розрізуванні листової заготовки рекомендується відрізати частину відгнати вгору, що полегшує процес різання і оберігає праву руку від порізів. Ножиці необхідно розкривати приблизно на 2/3 довжини лез, при такому розкритті вони добре захоплюють і різуть метал; сильно розкриті ножиці будуть виштовхувати метал. У процесі різання необхідно стежити за тим, щоб леза ножиць були перпендикулярні до площини листа, тому що через перекіс вони будуть м'яти метал. Щоб уникнути утворення задирок, леза необхідно постійно щільно притискати до кінця прорізу.

Різання товстого листового металу (товщиною 2–3 мм), зокрема смугового, здійснюють **стуловими, важільними** або **машинними ножицями**.

Стулові ножиці відрізняються від ручних тим, що верхня рукоятка подовжена до 400–800 мм, а нижня прикріплена до верстата. При різанні металу цими ножицями працівник розвиває зусилля, передане на леза ножиць, у багато разів більше, ніж при ручному різанні, оскільки він натискає на верхню рукоятку всією рукою.

У важільних ножиць нижнє лезо закріплене на столі, а верхнє лезо вільно рухається. У початковий момент різання робітник береться за рукоятку важеля і відводить її у верхнє положення, при цьому верхнє лезо підіймається.

Потім лист (заготовку) укладають на нижнє нерухоме лезо так, щоб ліва рука фіксувала його в горизонтальному положенні, а лінія різання збігалася з верхнім лезом ножиць. Після цього важіль з верхнім лезом опускають вниз і здійснюють різання металу. Потім важіль підіймають угору до упору, лівою рукою підіймають лист, рухають його по рисці уздовж верхнього леза і знову повторюють процес різання. Якість різання визначають за відсутністю вм'ятин, задирок і точністю різання відповідно до розмічальних ліній.

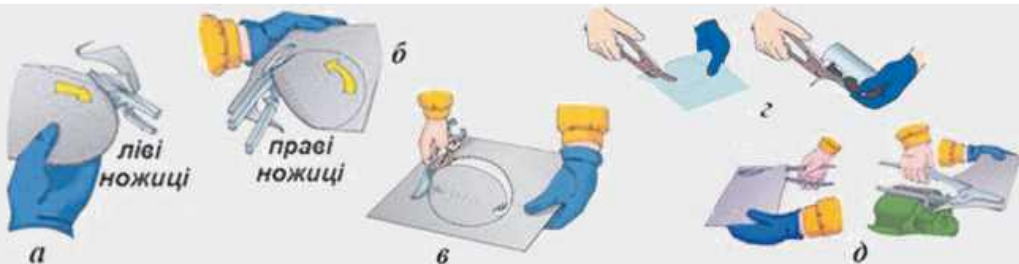


Рис. 1.4.2. Прийоми розрізання металу ручними ножицями: а — розрізання металу лівими ножицями, б — розрізання металу правими ножицями, в, г — вирізання отвору по розмічальних рисках; д — різання листової заготовки на вузькі смуги

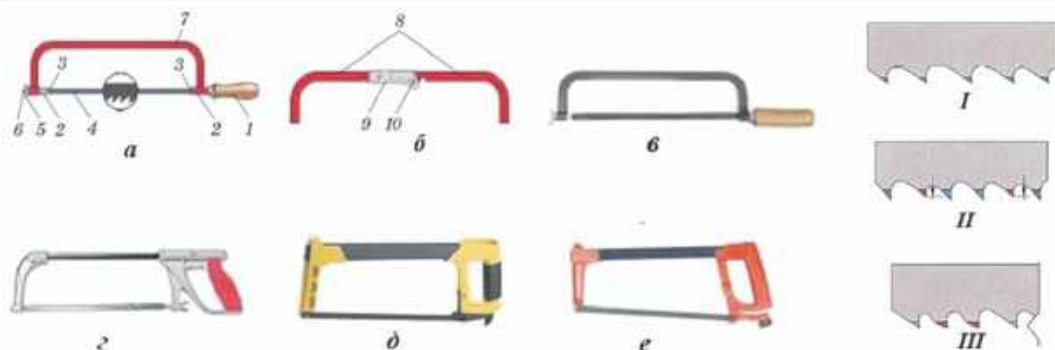


Рис. 1.4.4. Будова і види ручних ножіврк: а — будова ножівки з цілісною рамкою; б — будова ножівки з розсувною рамкою: 1 — ручка, 2 — головка натяжного гвинта, 3 — штифт, 4 — пиляльне полотно, 5 — гайка-баранчик, 6 — гвинт натяжний, 7 — рамка, 8 — вугільник, 9 — планка, 10 — штифт-заклепка; в — ножівка з цілісною рамкою; г, д, е — ножівки з розсувною рамкою; I, II, III — приклади розводки зубів пиляльного полотна: I — стандартна, II — з розподіленою шириною пропилю, III — гібридна

Під час різання на вузькі смуги листової заготовки її необхідно покласти на стіл верстата і стежити за тим, щоб нижнє лезо спиралося на стіл. Відрізані смуги відгинають вперед (рис. 1.4.2, д).

Настільні ручні важільні ножиці (рис. 1.4.3) застосовують для розрізання листової сталі товщиною до 4 мм, алюмінію і латуні — до 6 мм. Важільні ножиці можуть дещо відрізнятися за конструкцією, але принцип їх дії в усіх випадках однаковий.

Профільний метал і труби розрізають **ручними або механічними ножівками**. Ручна ножівка складається з рами і вставленого в неї пиляльного полотна (рис. 1.4.4).

Перед установкою полотна в раму його треба перевірити на відсутність тріщин, вигинів, а також на розведення зубів. **Полотна** бувають з **дрібним зубом** (відстань між зубами 0,8–1,0 мм) і з **великим** (відстань між зубами 1,25–1,6 мм). Потім установлюють розсуну частину рамки так, щоб полотно легко увійшло в прорізи головок: рухомої та нерухомої.

При цьому першим вставляють кінець полотна в проріз нерухомої головки і закріплюють його установкою штифта, а потім у проріз рухомої головки вставляють другий кінець полотна, закріплюючи його іншим штифтом. Після установки штифтів здійснюють натяг полотна шляхом загвинчування поворотної гайки. Полотно має бути встановлену у прорізи головок так, щоб зуби були спрямовані від ручки рамки вперед.

Ступінь натягу полотна перевіряють поворотом його двома пальцями на 1/8 частину кола. Якщо полотно повертається більше ніж на 1/8 частину кола, то ступінь його натягу мала. У цьому випадку розріз металу буде косим, а полотно під час різання може легко зламатися. При великому натягові полотно воно також легко ламається у разі будь-якого перекосу. Полотно для ручної ножівки не призначене для заточування, тому при стиранні зубів потрібна його замінити. На сьогодні виготовляють полотна з біметалу і розжареного металу (нікельована нержавіюча сталь). Відрізняються вони кольором: біметалічне по-

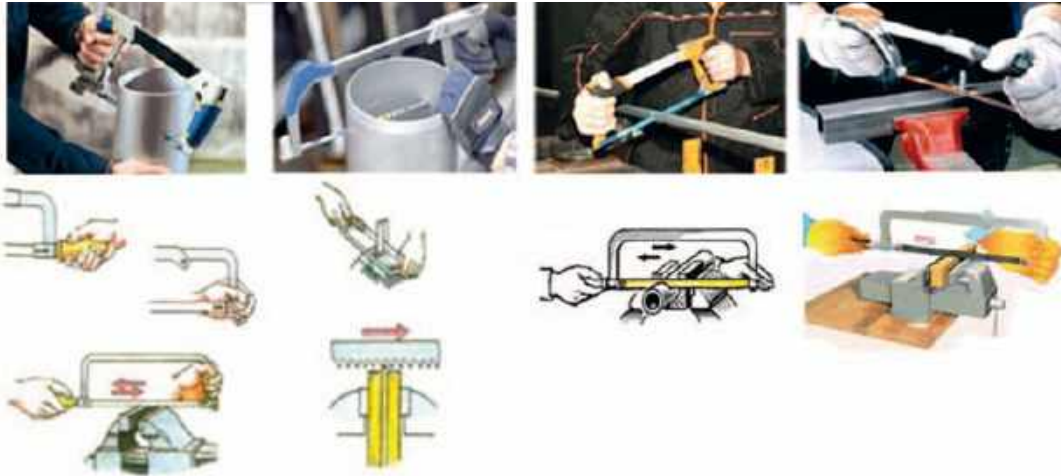


Рис. 1.4.5. Приклади різання металу ножівкою

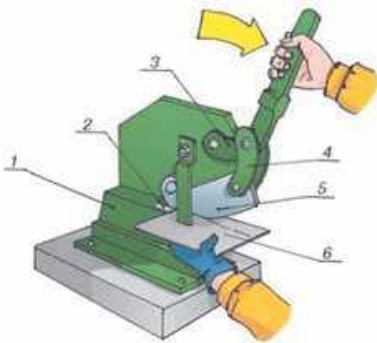


Рис. 1.4.3. Настільні ручні важільні ножиці: 1 — основа ножиць; 2 — нижній нерухомий ніж; 3 — важіль; 4 — з'єднувальна планка; 5 — верхній рухомий ніж; 6 — заготовка

лотно забарвлюється в різні кольори, а повністю розжарене має темне забарвлення.

Ріжучи метал, ножівку тримають за ручку правою рукою, а лівою рукою фіксують її передній кінець так, щоб полотно ножівки перебувало в горизонтальному положенні. При цьому лівою рукою, яка розташована попереду, здійснюють натиск, а права рука тільки переміщує ножівку. При русі ножівки назад тиск не натискають, щоб запобігти затупленню зубів (рис. 1.4.5). Перед закінченням розрізання натиск на ножівку зменшують.

У процесі різання металевих прутків великого перерізу рекомендується змащувати полотно машинною оливою. Якщо полотно «повело» убік і розпил виходить косим, необхідно пруток повернути і почати різання з протилежного боку навпроти розпилу.

У разі поломки полотна і заміни його на нове потрібно мати на увазі, що старе зношене полотно дає більш вузький пропили, тому починати різання новим полотном треба в іншому місці, попередньо повернувши заготовку в лещатах.

Під час різання металевих прутків великого перерізу, коли довжина пропили (розрізу) велика і різати важко, для полегшення необхідно нахилити ножівку то від себе, то до себе: при цьому різання відбувається не на всій ширині заготовки.

Смуговий метал краще різати по вузькій межі, якщо його товщина складає 3–5 мм, а при товщині 2–3 мм краще різати по широкій межі.

Пруткові заготовки з шестигранним або квадратним перетином рекомендують різати по межі.

Зазвичай для полегшення врізання ножівкою заготовку рекомендують робити невеликий надріз тригранним напилком за розмічальною лінією.

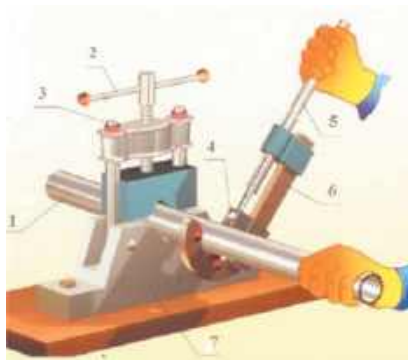


Рис. 1.4.6. Труборіз: 1 — труба, 2 — рукоятка, 3 — гвинт, 4 — рухомий ролик, 5 — рукоятка труборіза, 6 — труборіз, 7 — притиск

Дуже тонкий метал (товщиною до 1,5 мм) ріжуть, затиснувши його дерев'яними брусками, разом з брусками.

При вирізанні отворів у листовому металі спершу свердлять отвір, а потім вводять у нього полотном, збирають ножівку і починають різання.

При розрізуванні труб ножівку спочатку тримають горизонтально, а коли стінка труби буде розрізаною, ножівку нахилиють спочатку на себе, а потім від себе. При подальшому різанні трубу повертають у лежачих на кут 45° від себе і продовжують різання.

Для різання труб, крім ручної слюсарної ножівки, застосовують **труборіз**, у якого різальним інструментом є гострі сталеві диски (рис. 1.4.6).

Ріжучи кутник, спочатку здійснюють різання першої полки по вузькій грані. При цьому потрібна менша сила різання. Прорізавши першу полку до внутрішньої площини другої полки, кутник установлюють в положення різання першої полки і продовжують різання до кінця.

Якість різання перевіряють за чистотою зрізу, довжину відрізаної частини заготовки вимірюють металевою лінійкою (або штангенциркулем), а положення зрізу щодо зовнішньої стінки заготовки перевіряють косинцем.

Різання дроту здійснюють гострозубцями (кусачками) (рис. 1.4.7).

➤ **Основні правила різання металу ножівкою (смуговий, листовий, прутковий матеріал, профільний прокат, труби):**

- перед початком роботи необхідно перевірити правильність установки і натяг полотна;
- розмітку лінії різі треба проводити на всьому периметрі прутка (смуги, деталі) з припуском 1–2 мм на подальшу обробку;
- заготовку обов'язково міцно закріпити в лежцях;
- смуговий і кутовий матеріал потрібно розрізати по широкій частині;
- у разі, коли довжина різі на деталі перевищує розмір від полотна до рамки ножівкового верстата, різання необхідно проводити полотном, закріпленим перпендикулярно площині ножівкового верстата (ножівкою з повернутим полотном);
- листовий матеріал треба розрізати безпосередньо ножівкою у тому випадку, якщо його товщина більша ніж відстань між трьома зубами ножівкового полотна.



Рис. 1.4.7. Різновиди гострозубців (кусачок)

Тонший матеріал для розрізання треба затискати в лещата між дерев'яними брусками і розрізати разом з ними;

- газову або водопровідну трубу розрізають, обов'язково закріплюючи її в трубному притиску;
- розрізаючи тонкостінні труби, використовують у лещатах профільні дерев'яні прокладки;
- латунь і бронзу розрізають тільки новими полотнами, бо навіть спрацьовані мало полотна не ріжуть, а ковзають.



Правила безпеки під час розрізання:

- ➔ на початку різання ножівку нахилити від себе на 10–15°;
- ➔ у процесі різання ножівкове полотно утримувати горизонтально і використовувати не менше трьох чвертей довжини ножівкового полотна;
- ➔ не варто сильно натискати на ножівку вниз, щоб уникнути поломки полотна і поранення рук при різанні;
- ➔ при встановленні ножівкового полотна слід використовувати штифти, які щільно входять в отвори головок;
- ➔ робочі рухи здійснювати плавно, без ривків, приблизно 40...50 подвійних ходів за хвилину;
- ➔ у випадку поломки або викришування хоча б одного зуба роботу негайно припинити, видалити з пропилу рештки зламаних зубів і замінити полотно новим;
- ➔ щоб уникнути зіскакування рукоятки і поранення рук, під час робочого руху ножівки не ударяти переднім торцем рукоятки по розрізуваній деталі.



Забороняється:

- ➔ виконувати різання зі слабо або надто сильно натягнутим полотном, бо це може призвести до поломки полотна і поранення рук;
- ➔ користуватися ножівкою зі слабо насадженою або розколотою рукояткою.

Дефекти

При різанні ручними ножицями

- при різанні листового матеріалу його мнуть ножиці — вони тупі;
- «надриви» при різанні листового матеріалу виникають унаслідок недотримання правил різання;
- поранення рук — працювали без рукавиць. Працювати ножицями треба тільки у брезентових рукавицях (насамперед, на лівій руці, яка підтримує розрізуваний лист).

Різання труб труборізом

- Грубі задири в місцях закріплення труби — порушення правил закріплення труб.
- «Рваний» торець відрізаної труби — недотримання правил різання труб.

Різання слюсарною ножівкою

- Перекіс різа — слабо натягнуто полотно.
- Викришування зубів полотна — неправильний підбір полотна.
- Дефект полотна — полотно перекалене.
- Поломка полотна — сильне натискання на ножівку; слабкий натяг полотна; полотно перетягнуте; нерівномірний рух ножівкою при різанні.

1.5. Обпилювання

Обпилювання — технологічна операція, під час якої напилком знімають шар металу з поверхні деталі з метою надання їй необхідної форми, розмірів і чистоти.

Обпилювання застосовують, як правило, після рубання або різання для обробки поверхні деталі й надання їй більш точних розмірів, а також для пригонки деталей при складанні. У слюсарній справі обпилюють зовнішні плоскі й криволінійні поверхні, внутрішні поверхні, складні фасонні поверхні, заглиблення, отвори, пази і виступи.

Для зняття шару металу застосовується ручне обпилювання напилками або механізоване обпилювання спеціальними фрезами — шарошками або сталевими абразивними головками. За формою поперечного перерізу напилки поділяють на плоскі, квадратні, тригранні, круглі, ромбічні й напівкруглі (рис. 1.5.1).



Рис. 1.5.1. Напилки за формою перетину (профілю): а — плоскі; б — напівкруглі; в — квадратні; г — тригранні; д — круглі; е — ромбічні; ж — ножові

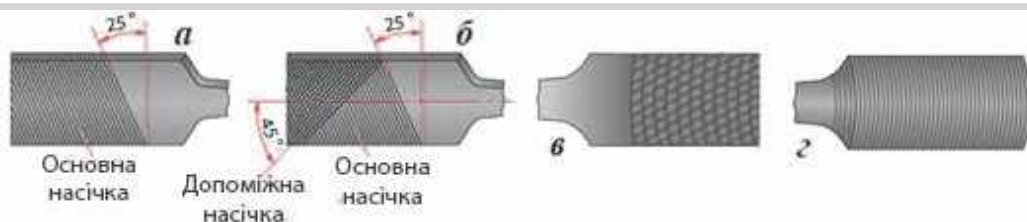


Рис. 1.5.2. Насічки напилків: а — одинарна (проста); б — подвійна (перехресна); в — точкова (рашпільна); г — дугова

За кількістю насічок на 1 см довжини напилки поділяють на **драчеві**, **лицьові** й **оксамитові** (рис. 1.5.3).



Рис. 1.5.3. Напилки: а — драчеві; б — лицьові; в — оксамитові

Драчеві напилки мають велику насічку і застосовуються для грубої обробки, **лицьові** — мають дрібнішу насічку і використовуються для остаточного обпилювання.

Найбільш дрібна насічка в **оксамитових** напилках, які застосовують для точних робіт. Розрізняють напилки з одинарною, або простою (рис. 1.5.2, а); з подвійною, або перехресною (рис. 1.5.2, б); точковою, або рашпільною (рис. 1.5.2, в), і дуговою (рис. 1.5.2, г) насічками.

Для обробки дрібних заготовок застосовують **надфілі** різних профілів (рис. 1.5.4). Для обпилювання важкодоступних ділянок заготовок потрібні надфілі зігнутої форми — **риф-левки**.

Для зручності роботи всі напилки мають дерев'яні ручки, щільно насаджені на хвостовик напилка.

Поверхня ручки повинна бути чистою і гладкою, без тріщин і відколів. Щоб ручка надійно трималася на хвостовику напилка, на неї щільно насаджують металеве кільце (рис. 1.5.5).

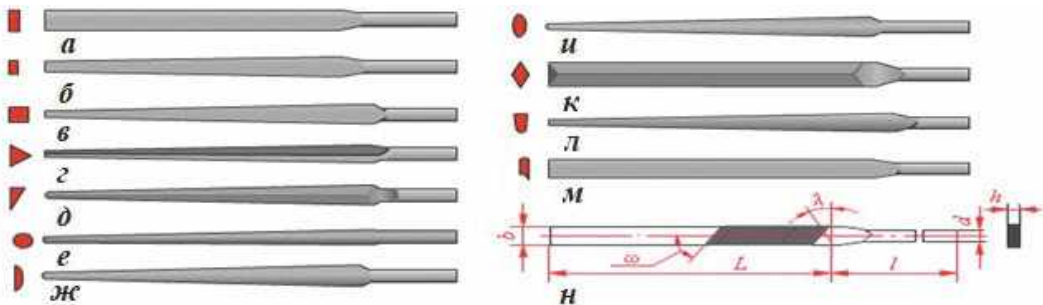


Рис. 1.5.4. Надфілі різних профілів: а — прямокутний тупоносий; б — прямокутний гостроносий; в — квадратний тупоносий; г — тригранний тупоносий; д — тригранний гостроносий; е — круглий тупоносий; ж — напівкруглий тупоносий; и — овальний тупоносий; к — ромбічний тупоносий; л — ножівковий; м — пазовий; н — елементи надфіля (L — робоча частина, l — довжина рукоятки, d — діаметр рукоятки, b — ширина профілю, h — товщина надфіля)

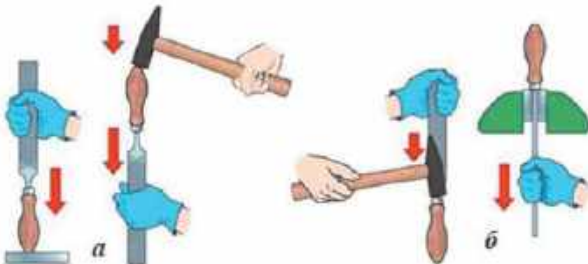
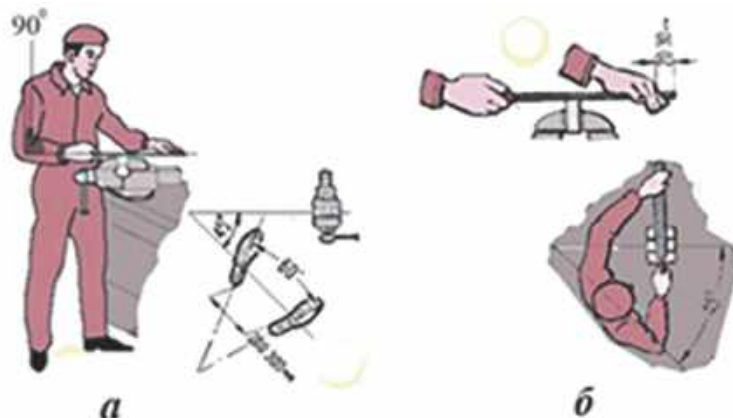


Рис. 1.5.5. Насадка і зняття рукояток напилка: а — насадка ударом об верстак, насадка ударом молотка; б — зняття ударом молотка, зняття з допомогою лещат

Рис. 1.5.6. Положення ніг, рук і корпусу робітника при обпилюванні:
 а — положення корпусу та ніг; б — положення лівої руки на напилку;
 в — положення рук; г — координація зусилля рук при обпилюванні



Найбільша продуктивність праці при обпилюванні забезпечується при розташуванні верхньої поверхні губок лещат на рівні ліктя робітника. На продуктивність обпилювання істотно впливає надале положення ніг і корпусу робітника у процесі роботи (рис. 1.5.6, а, б).

Для зняття напилком товстих шарів металу доводиться натискати на напилку з більшою силою, і тому праву ногу відставляють від лівої на 500–700 мм, оскільки навантаження на неї в цьому випадку більше, ніж у першому. При слабкому натиску на напилку, наприклад, при доведенні або обробці поверхні деталі ноги ставлять майже поруч.

Істотною є координація рухів слюсаря і зусиль, що прикладаються до напилка (рис. 1.5.6, г). Рух напилка має бути строго горизонтальним, тому вертикальні зусилля на рукоятку і ніс напилка повинні змінюватися залежно від розташування точки контакту напилка з деталлю. При робочому русі напилка зусилля лівої руки необхідно поступово зменшувати. Регулюючи зусилля натискання на напилку, отримують рівну обпилювану поверхню без завалів на краях. Притискати напилку до деталі необхідно тільки при робочому ході (від себе). Під час зворотного ходу напилку повинен лише ковзати по поверхні. Що грубіша обробка, то більшим повинно бути зусилля при робочому ході.

Обпилювання заготовок або деталей проводять певним чином.

Заготовку (деталь) міцно затискають у лещатах. Висоту положення лещат вибирають відповідно до зросту робітника так, щоб при накладанні ліктьової частини правої руки на губки лещат між ліктьовою і плечовою частинами руки утворювався кут 90° .

Напилку беруть у праву руку, а ліву руку долонею кладуть на кінець напилка і притискають його до оброблюваної заготовки (рис. 1.5.6, в, г). Таке розташування рук допомагає правильно вести обпилювання і затратити менше енергії. Якщо цього правила не дотримуватися, то обпилювана поверхня матиме нерівності. Після обпилювання поверхні драчевим напилком далі її обпилюють лицьовим напилком (чистова обробка).

Якщо плоску поверхню обпилюють особливо ретельно, її перевіряють «на фарбу». Пофарбовані місця обпилюють, а потім поверхню знову перевіряють. Так



продовжують доти, поки не буде досягнута необхідна точність обробки поверхні. Темп руху напилка залежить від його величини і виконуваної роботи. Обпилювання відбувається швидше, якщо темп руху нешвидкий, а стружку знімають велику.

Відхилення обпиленої поверхні від форми перевіряють лінійкою. Для цього з поверхні заготовки щіткою видаляють опилки, заготовку виймають з лещат. Потім до поверхні в декількох місцях прикладають контрольну лінійку, тримаючи заготовку на рівні очей і перевіряючи рівномірність просвіту. Якщо просвіт вузький і рівномірний, то поверхня обпилена правильно.

Під час точних робіт застосовують **штангенциркуль** і **мікрометр**. Контроль площин, розташованих під кутом 90° , перевіряють спеціальним слюсарним косинцем. Обпилюючи розташовані під кутом 90° поверхні, контроль зовнішніх кутів заготовки здійснюють внутрішнім кутом слюсарного кутника, дивлячись при цьому на просвіт.

Якщо світловий зазор рівномірний і вузький (рис. 1.5.7, а), площа обпилена правильно (контроль здійснюють при обпилюванні двічі-тричі або більше). Якщо зазор на просвіт нерівномірний (рис. 1.5.7, б), визначають місце, яке підлягає подальшому обпилюванню. Паралельність двох поверхонь перевіряють за допомогою штангенциркуля (рис. 1.5.7, в).

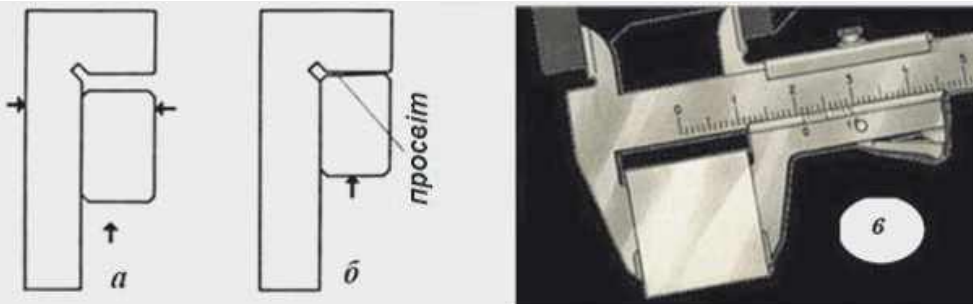
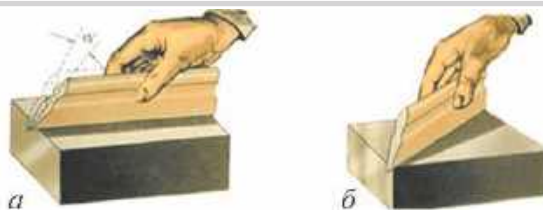


Рис. 1.5.7. Контроль: а, б — зовнішніх кутів при обпилюванні; в — перевірка паралельності обпилених поверхонь штангенциркулем

Рис. 1.5.8. Перевірка прямолінійності обпиливих поверхонь: *а* — накладання лекальної лінійки на контрольовану поверхню; *б* — способи перевірки на просвіт



Лекальні лінійки призначені для перевірки прямолінійності обпиливих поверхонь на просвіт і фарбу. При перевірці прямолінійності на просвіт лекальну лінійку накладають на контрольовану поверхню у місцях, в яких є нерівності (рис. 1.5.8, *а*) і за розміром світлової щілини (рис. 1.5.8, *б*) визначають їх розміри.

При обпилюванні *кутів* заготовку рекомендується затискати в лещатах так, щоб її оброблювана грань розташовувалася горизонтально до площини верстака (рис. 1.5.9, *а*).

При обпилюванні *циліндричних (криволінійних) поверхонь* заготовку затискають у лещата горизонтально або вертикально й обробляють коливальними рухами напилка (рис. 1.5.9, *б*). При таких рухах забезпечується рівномірне знімання металу з опуклої (циліндричної) поверхні заготовки.

Дрібні деталі затискають у ручні лещата і, оберши їх на верстак, повертають лівою рукою на себе при робочому ході (під час руху напилка вперед) і від себе — при холостому ході (під час руху напилка назад). При цьому напилком тримають правою рукою з витягнутим вперед вказівним пальцем і ним здійснюють натиск.

Увігнуті криволінійні поверхні, а також отвори і пази в заготовках обпилюють круглими або напівкруглими напилками (рис. 1.5.9, *в*). При обпилюванні напилком рухається горизонтально і водночас повертається навколо своєї осі. При обпилюванні таких поверхонь радіус кривизни напилка повинен бути завжди меншим, ніж радіус кривизни поверхні. Обпилювання закінчують після того, як будуть досягнуті: плавний перехід у місцях з'єднань, щільна підгонка криволінійної поверхні за шаблоном на просвіт, перпендикулярність ребер до бічної площини по косинцю. Обробка ведеться доторканням напилка верхньої площини рамки, що дає змогу обійтися без контролю правильності обпилювання вимірювальним інструментом.

Обпилювання кінця стержня на квадрат починають з обпилювання грані (рис. 1.5.10), розмір перевіряють штангенциркулем, потім обпилюють грань під кутом 90° .

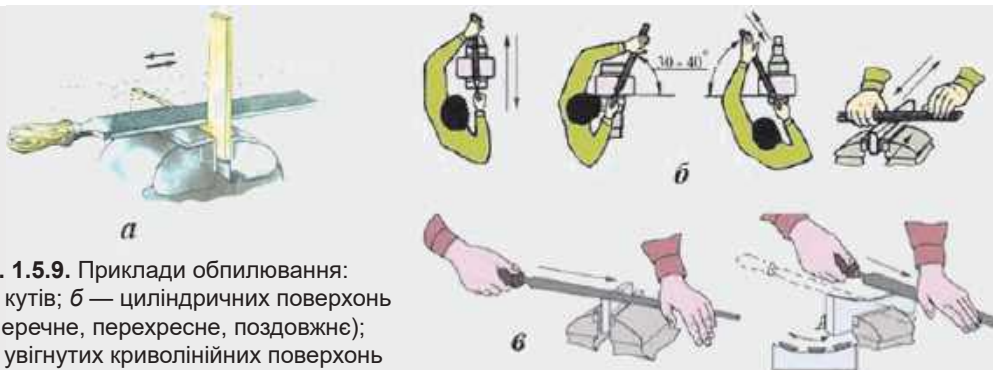


Рис. 1.5.9. Приклади обпилювання: *а* — кутів; *б* — циліндричних поверхонь (поперечне, перехресне, поздовжнє); *в* — увігнутих криволінійних поверхонь

Обпилювання циліндричних заготовок здійснюється в такій послідовності.

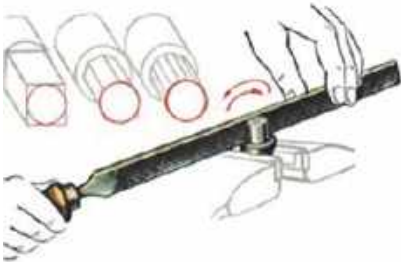


Рис. 1.5.10. Обпилювання кінця стержня на квадрат, шестигранник, шістнадцятигранник

Спочатку обпилюють на квадрат циліндричний стрижень, у розмір сторін якого враховують припуск на подальшу обробку. Потім у квадрата обпилюють кути й отримують восьмигранник, з якого обпилюванням виготовляють шістнадцятигранник. У процесі подальшої обробки дістають циліндричний стрижень потрібного діаметра. Щоб дістати чотири і вісім граней, шар металу знімають драчевим напилком, а шістнадцятигранник обпилюють личкувальним напилком. Контроль обробки здійснюють штангенциркулем у кількох місцях.

Для обпилювання плоских тонких заготовок використовують спеціальні пристосування, щоб у процесі обробки ці заготовки не вигиналися і не м'ялися. Серед цих пристосувань найкраще себе зарекомендували **розсувні загартовані сталеві рамки**. Вони складаються з двох планок

(рис. 1.5.11), між якими затискається тонколистова заготовка. Саму рамку з заготовкою затискають у лещатах. При обпилюванні заготовок надфілем його беруть у праву руку так, щоб ручка впиралася в долоню, а вказівний палець кладуть на надфіль. Великий палець правої руки кладуть на кінець надфіля, а іншими пальцями лівої руки підтримують його знизу. При такому розташуванні рук здійснюється необхідний натиск для зняття тонкої стружки з поверхні заготовки.

Рухи при обпилюванні повинні бути рівномірними, від 40 до 70 робочих ходів за хвилину. Силу натискання на напилек визначає матеріал заготовки: що м'якшим є матеріал, то меншою сила натискання, і навпаки — чим твердіший матеріал заготовки, тим сильнішим має бути натискання.

При обробці м'яких і в'язких металів рекомендується натирати крейдою напилек — так він менше забивається стружкою. У наш час ручне обпилювання замінюється механізованим на спеціальних обпилювальних верстатах з гнучкими і жорсткими валами і спеціальним різальним інструментом.

Ріжучий інструмент обирають залежно від виду виконуваної операції та конфігурації оброблюваної поверхні. Для грубого обдирання поверхонь

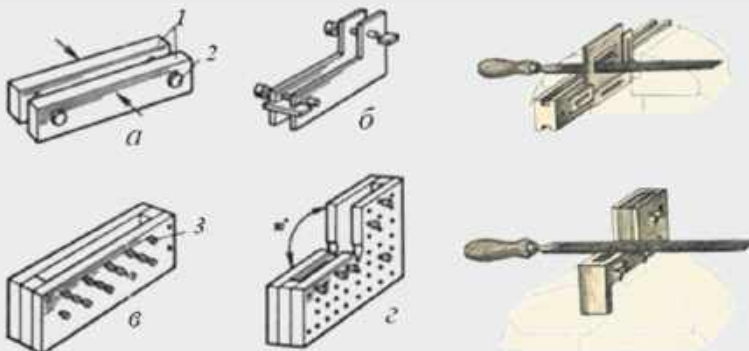


Рис. 1.5.11. Обпилювальні рамки і намітки: а — рамка для плоского обпилювання; б — рамка для обпилювання прямих кутів; в — позначка для плоского обпилювання; г — позначка для обпилювання внутрішніх кутів. 1 — планка, 2 — штифти, 3 — гвинти

застосовують **фрези-шарошки**, а для чистового обпилювання і зачистки поверхонь — **круглі напилки** або **абразивні фасонні головки** (рис. 1.5.12).

Напилки під час роботи зношуються. Знос супроводжується втратою їх різальних властивостей. Дуже швидко, практично миттєво, зношується напилкок у випадках обпилювання загартованої або не очищеної від окалини і кірки поверхні.

➤ **Для подовження терміну служби напилків необхідно дотримуватися таких правил:**

- не використовувати новий напилкок для обпилювання твердого чавуну, сталі, а також твердих, неопалених сталевих деталей (спочатку ним обпилюють м'яку сталь, бронзу, латунь);
- берегти напилки від іржі, стежити, щоб на них не потрапляла вода і наждачний пил;
- завжди користуватися тільки однією стороною напилка, другу задіювати тільки після затуплення першої сторони або ж у разі обов'язкової обробки гострими зубами;
- не класти напилки один на інший, а також разом з іншими інструментами і деталями;
- не брати напилкок за насічену частину замасленими руками і не класти його на замаслений верстак або брудні ганчірки.

Догляд за напилками полягає у своєчасному очищенні насічки від застряглих у ній стружок і захисті напилка від потрапляння на насічку масла або води. Чистять напилки виготовленими з кордної стрічки сталевими щітками (рис. 1.5.13). Іноді сталеву щітку не вдається досить добре очистити напилкок, тоді його опускають на 8–10 хвилин у десятивідсотковий водний розчин сірчаної кислоти, а потім промивають у воді й очищають сталеву щітку. Після очищення напилкок ретельно промивають спочатку в розчині каустичної соди, а потім у гарячій воді та негайно сушать.

Опилки від каучуку, фібри і дерева можна очистити сталеву щітку після занурення напилка у гарячу воду на 15–20 хвилин.

Якщо потрапило мастило на напилкок, то його чистять спершу шматком деревного вугілля (березового), натираючи уздовж рядів насічок, а потім — як за-



Рис. 1.5.12. Ріжучий інструмент: а — фрези-шарошки; б — круглі напилки; в — абразивні фасонні головки

звичай, щіткою. Якщо очистити вугіллям не вдається, то замаслені й забруднені напилки промивають у гарячому розчині лугу (їдкого натру, каустичної соди). Після цього їх очищають сталевю щіткою, промивають у воді й висушують.

Напилки за правильного догляду та інтенсивної роботи зберігають працездатність протягом 12—15 робочих днів при обпилюванні сталі середньої твердості, 7—10 днів — сталі твердої, 10—12 днів — чавуну, 15—18 днів — бронзи і м'якої сталі, 15—20 днів — латуні й алюмінію. Зношені напилки передають на відновлення і перенасічку.



Правила безпеки під час обпилювання:

- ➔ перед початком роботи слюсар зобов'язаний оглянути весь інструмент, пристосування і слюсарні лещата — працювати несправним інструментом забороняється;
- ➔ під час роботи напилком забороняється: перевіряти пальцями якість обпиленої поверхні (забруднення від рук ускладнює подальше обпилювання); видаляти руками металеву стружку з поверхні, оскільки при цьому можна поранити руки — стружку треба видаляти тільки щіткою;
- ➔ при роботі на спеціальних обпилювальних верстатах необхідно дотримуватися правил електробезпеки: забороняється працювати на верстатах в рукавичках або із забинтованими пальцями;
- ➔ при роботі на обпилювальному верстаті слюсар обов'язково повинен користуватися захисними окулярами;
- ➔ для видалення металевої стружки з напилків треба застосовувати сталеві щітки, а для видалення стружки з верстата і лещат — волосяні щітки.

Дефекти при опилуванні:

- нерівності поверхонь (виступи) і завали країв заготовки як результат невміння користуватися напилком;
- вм'ятини або пошкодження поверхні заготовки, спричинені неправильним застосуванням її у лещатах;



Рис. 1.5.13. Очищення насічки напилків:
а — кордовою щіткою;
б — скребком з м'якого металу

- унаслідок неправильного розмічання неточність розмірів обпиляної заготовки, зняття надто великого або малого шару металу, а також неправильності вимірювання або неточності вимірювального інструмента;
- на поверхні деталі задири, подряпини, які виникають у результаті недбалої роботи і застосування неправильно підібраного напилка.



Правила безпеки:

- ➔ при обпилюванні заготовок із гострими краями при зворотному ході пальці лівої руки не можна підгинати під напилки;
- ➔ категорично заборонено скидати стружку, що утворюється в процесі обпилювання, голими руками, здувати її або видаляти стиснутим повітрям — змитати її з верстата треба волоссяною щіткою;
- ➔ забороняється працювати напилками без рукояток або напилками з надтріснутими, розколотими рукоятками;
- ➔ під час роботи обов'язково користуватися лише напилками з міцно насадженими рукоятками.

1.6. Обробка отворів

Свердління — це технологічна операція для отримання наскрізних отворів.

Якщо отвір в деталі не наскрізний, то операція називається **засвердлюванням**, а збільшення діаметра отвору — **розгортанням**, або **зенкеруванням**.

Свердління отворів, довжина яких перевищує їх діаметр у 5 і більше разів, називають **глибоким свердлінням**.

Свердління виконують за допомогою ручного дреля або на свердлильних верстатах (рис. 1.6.1) спеціальними інструментами — **свердлами** (рис. 1.6.2).

Як для ручного свердління, так і для роботи на верстатах (свердлильних, револьверних) використовують **спіральні свердла з циліндричним і конічним хвостовиками**.

На спеціальних верстатах для отримання точних отворів малого діаметра застосовуються **свердла для глибокого свердління**.

Для отримання центрових заглиблень на оброблюваних деталях використовують **центрові свердла**.



Рис. 1.6.2.

Свердла для свердління отворів: а — спіральні; б — центрові; в — комбіновані; з — свердла для глибокого свердління

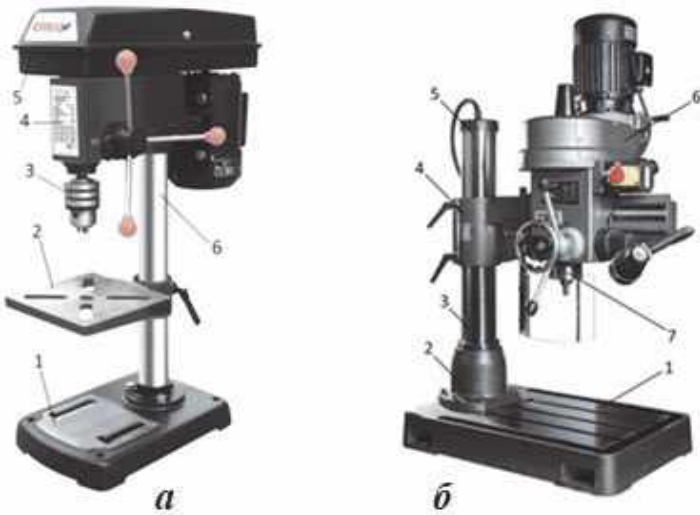


Рис. 1.6.1. Свердлильні верстати: а — вертикально-свердлильний верстат: 1 — основа, 2 — стіл, 3 — шпиндельний вузол, 4 — направляючий кронштейн, 5 — коробка швидкостей, 6 — колона; б — радіально-свердлильний верстат: 1 — основа, 2 — нерухома колона, 3 — обертова колона, 4 — траверса, 5 — механізм підйому і опускання траверси, 6 — свердлильна головка, 7 — шпиндель

Комбінований інструмент для обробки отворів дає змогу виконувати одночасну обробку односпіввісних отворів, а також одночасне свердління й зенкування або розгортання отворів.

Для правильної установки та закріплення оброблюваних заготовок на столі свердлильного верстата застосовують різні пристосування: *лещата машинні (гвинтові, ексцентрикові, пневматичні); призми, упори, косинці, кондуктори, спеціальні пристосування* (рис. 1.6.3).

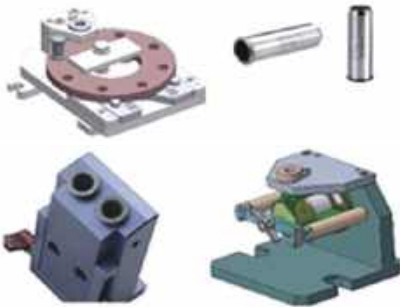


Рис. 1.6.4. Кондуктори для свердління

Для кріплення заготовок і забезпечення правильного розташування інструмента щодо осі оброблюваного отвору на свердлильних стійках використовують спеціальні пристосування — **кондуктори** (рис 1.6.4). Вони бувають: **постійні** (застосовують у кондукторах для дрібносерійного виробництва під час обробки отворів одним інструментом) і **швидкозмінні з замком** (у кондукторах для масового і великосерійного виробництва). Для зменшення зносу втулок і зменшення зміщення осі оброблюваного отвору через можливий перекид інструмента у втулці між її нижнім торцем і поверхнею заготовки залишають зазор.



Рис. 1.6.3. Різновиди пристосувань для установки деталей при свердлінні



Рис. 1.6.6. Свердління ручним дрилем: а — на низькій підставці; б — на високій підставці в лещатах; в — у лещатах при горизонтальному положенні дреля



Рис. 1.6.5. Механічний ручний дріль

Ручний дріль (рис. 1.6.5) застосовують для свердління отворів діаметром до 10 мм. На шпинделі встановлене конічне зубчасте колесо, яке може з'єднуватися з конічним колесом. У цьому випадку при обертанні вала рукояткою шпиндель отримує одну частоту обертання. При з'єднанні зубчастого колеса з іншим зубчастим колесом і обертанні рукоятки — іншу, тому цей дріль називається двошвидкісний.

Свердління деталей, вертикально затиснутих у лещатах (рис. 1.6.6, а, б, в), є дуже складним, особливо на початку роботи — свердло виходить з кернового заглиблення при найменшому ослабленні натиску або перекосі дреля. Деталь затискають у лещатах так, щоб межі отвору були розташовані вище губок лещат більш ніж на половину діаметра патрона. Горизонтально тримаючи дріль лівою рукою за нерухому рукоятку, а правою рукою — за рукоятку обертання, виконують пробне засвердлювання, плавно обертаючи рукоятку. При виході свердла послаблюють натиск і зменшують частоту обертання.

При свердлінні отворів на задану глибину використовують втулки-упори, які установлюють і закріплюють на свердлі (рис. 1.6.7, а). Коли втулка дійде до поверхні деталі, це означає, що отвір посвердлено на необхідну глибину.

При свердлінні глухих отворів оброблювану деталь встановлюють на столі верстата і вивіряють, потім підводять свердло до деталі так, щоб воно торкалося до поверхні. У процесі свердління за лінійкою стежать, на скільки свердло заглибилося в матеріал (рис. 1.6.7, б).

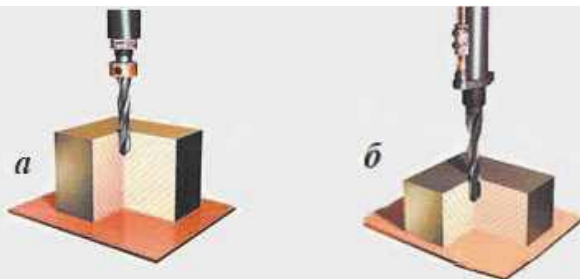


Рис. 1.6.7. Прийоми свердління отворів: а — за втулковим упором; б — за вимірювальною лінійкою



Рис. 1.6.8. Вибір інструменту при свердлінні на глибину

При свердлінні прохідних отворів треба пам'ятати, що свердло, коли підходить до виходу з отвору, має менший опір металу і відповідно повинна бути зменшена подача. Якщо при свердлінні не зменшити подачу, то свердло різко опуститься та захопить великий шар металу, може заклінитись і зламатися. Щоб уникнути цього, в кінці свердління вимикають механічну подачу свердла і досвердлюють отвір з ручною сповільненою подачею.

При свердлінні неповних отворів деталі закріплюють у лещатах так, щоб їх поверхні збіглися. На лінії стику закріплених деталей розмічають центри отворів і виконують свердління звичайним способом. При свердлінні неповного отвору в одній деталі користуються прокладками з того ж матеріалу, що й оброблювана деталь.

Перед початком свердління необхідно прорахувати максимальну глибину свердління (рис. 1.6.8).

Зенкування — це операція з обробки готових отворів для отримання отворів циліндричної або конічної форми великої точності й низької шорсткості. Зенкування виконують на свердлильних верстатах спеціальними інструментами — **зенкерами** (рис. 1.6.9).

Зенкери вибирають залежно від оброблюваного матеріалу, виду оброблюваного отвору (наскрізний, ступінчастий, глухий), діаметру отвору та заданої точності. Отвір, оброблений зенкером, виходить більш точним, ніж при обробці свердлом. Зенкер має три і більше різальні кромки, він міцніший за свердло, тому перетин стружки при зенкеруванні виходить тоншим, а подача у 2,5–3 рази більша, ніж при свердлінні. Зенкерування може бути як попереднім (перед розгортанням), так і остаточним. Зенкерування застосовують також для



Рис. 1.6.9. Зенкери

обробки заглиблень і торцевих поверхонь. Зенкером обробляють також конусні й циліндричні заглиблення з плоским дном. Припуск під зенкерування для отворів діаметром від 15 до 35 мм становить 1–1,5 мм.

Для обробки високоміцних матеріалів ($\sigma_v > 750$ МПа) застосовують зенкери, оснащені пластинками з твердого сплаву.

При роботі твердосплавними зенкерами швидкість різання удвічі-втричі більша, ніж із зенкерами зі швидкорізальної сталі. При обробці матеріалів високої міцності і виливків по кінці швидкість різання твердосплавних зенкерів варто зменшувати на 20–30%.

Розгортання отворів здійснюють у тих випадках, коли необхідно отримати отвір більш точний і якість поверхні вищу, ніж це може бути досягнуто при зенкеруванні.

Розгортання отворів виконують вручну або на свердильному верстаті спеціальними інструментами — **розгортками** (рис. 1.6.10). При виготовленні розгортки використовується, в основному, інструментальна легована сталь марки 9ХС, а також швидкорізальні сталі Р18 і Р9.

Розгортка має більше різальних кромок, ніж зенкер, тому при розгортанні зменшується товщина стружки і підвищується точність отвору. Особливістю цього інструмента є велика кількість зубів (зазвичай від 6 до 16), що дає змогу знімати невеликий припуск, тим самим підганяючи реальні розміри отвору під необхідні з високою точністю.

Що ж до форми отворів, то працювати розгорткою можна як по циліндру, так і підганяти конуси під різні потреби — наприклад, під установку конусних штифтів.

Зуби інструмента знімають шар матеріалу на частки міліметра, обробка відбувається шляхом його обертання й одночасної поздовжньої подачі.

Отвори діаметром до 10 мм розгортають після свердління, отвори більшого діаметра перед розгортанням обробляють, а торець підрізають. Припуск під розгортання дорівнює 0,15–0,5 мм для чорнових розгортки і 0,05–0,25 мм — для чистових.

Залежно від способу затиску розгортки бувають **ручними** і **машинними** (рис. 1.6.11). Ручна розгортка призначена для установки у вороток, тому має квадратний хвостовик. Діаметр зазвичай не перевищує 50 мм, а з його зростанням збільшенням зростає складність повертання інструмента через підвищення сили тертя. Машинні розгортки можуть бути з конічним або циліндричним хвостовиком для установки в патрон металообробного верстата.



Рис. 1.6.10. Розгортки:
а — циліндричні;
б — конічні,
в — сучасні ступінчасті.

➤ **Машинні розгортки за типом робочої частини можна поділити на такі види:**

- насадна розгортка (для установки на відповідну оправку);
- зі змінними твердосплавними пластинами;
- з напаяними пластинами.

➤ **Також розгортки класифікують за іншими характеристиками, наприклад:**

- за металом, з якого було виготовлено розгортку;
- за кількістю зубів (як зазначалося раніше — від 6 до 16 штук);
- за формою канавок — прямі та гвинтові.



Рис. 1.6.12. Зенківки

Обробка готових отворів після свердління з поглиблення їх під потайні головки гвинтів або заклепок, а також зняття задирок з країв отворів називається **зенкуванням**. Цю операцію виконують на свердлильних верстатах за допомогою різального інструмента — **зенківки** (рис. 1.6.12).

Процес свердління здійснюють відповідно до розмітки; для цього в центрі майбутнього отвору наносять кернером заглиблення, в яке направляють свердло. Свердління за розміткою виконують у два прийоми: попереднє свердління, при якому засвердлюють невелике заглиблення для контролю правильності положення свердла, й остаточне свердління — після перевірки правильності розташування свердла у центрі.

Якщо діаметр отворів більший, ніж 20 мм, то свердління виконують у два прийоми: спочатку свердлять отвір меншого діаметру, а потім розсвердлюють його до потрібного розміру свердлом заданого діаметра.

Для забезпечення точності розсвердлювання отворів здійснюють з однієї установки деталі (заготовки): для цього зі шпинделя верстата виймають свердло меншого діаметра і вставляють свердло більшого діаметра, не переміщуючи при цьому самої деталі.



Рис. 1.6.11. Розгортки з конічним і циліндричним хвостовиком



Рис. 1.6.13. Кондуктор для свердління отворів

Для підвищення точності свердління та продуктивності праці застосовують спеціальні пристосування — **кондуктори** (рис. 1.6.13).

Точність свердління отворів забезпечується наявністю встановлених у корпусі кондуктора загатованих втулок, які виконують роль напрямних для свердла.

Застосування кондукторів виключає розмітку з накернюванням, скорочує час на установку і ввірення деталей під час підготовки до свердління.

Для свердління отворів у невеликій партії однакових деталей замість кондукторів доцільніше застосовувати **шаблони**. Кожен шаблон виготовляють зі сталевих пластин, в якій просвердлені всі необхідні отвори. Конфігурація шаблону повинна відповідати конфігурації оброблюваних деталей. Застосування шаблонів підвищує продуктивність праці і точність обробки отворів. Під час свердління отворів за шаблоном його накладають на деталь у певному положенні та закріплюють струбцинами.



Свердління отворів на свердлильному верстаті здійснюють так:

- спочатку вивчають вимоги безпеки праці для роботи на свердлильному верстаті, потім його оглядають і готують до пуску. При цьому особливу увагу приділяють перевірці заземлення станка, плавності ходу гільзи шпинделя, переміщення рукоятки підйому й опускання пинолі, пуску і зупинки верстата, відсутності биття встановленого у патрон свердла;
- закріплюють деталь (заготовку) на столі верстата і відповідно до операційної карти встановлюють режим різання (свердління). Правильно обраний режим повинен забезпечити максимальну продуктивність верстата, необхідну точність і якість обробки отворів, а також більшу стійкість свердел;
- проводять запуск верстата ввімкненням електродвигуна шляхом натискання кнопки «Пуск» кнопкового пускача. Свердло підводять до деталі й починають свердління отворів. При глибокому свердлінні необхідно періодично виводити свердло з отвору для видалення стружки. Не варто сильно натискати на ручку управління під час подачі свердла, тому що від нагрівання воно може зламатися або затупитися. Особливо сильно нагрівається свердло під час роботи з твердими матеріалами: при цьому відбувається притуплення його різальних кромки. З метою попередження передчасного зносу свердла і збільшення його терміну служби рекомендується на його різальні кромки подавати охолоджувальну рідину — емульсію. Перед кінцем свердління подачу свердла необхідно зменшити, бо свердло може продавити тонку перетинку і зламатися;
- після закінчення свердління свердло відводять вгору, вимикають верстат і вивільняють деталь з кондуктора. Його очищають від стружки, встановлюють наступну деталь і продовжують працювати у тій же послідовності. Діаметр отворів перевіряють калібр-пробкою і штангенциркулем, глибину свердління наскрізних отворів — глибиноміром штангенциркуля, міжосьові розміри між отворами — штангенциркулем.

Під час свердління отворів також необхідно брати до уваги їх розбивку (збільшення діаметра) у процесі свердління, яка відбувається навіть і за умови правильної установки і заточування свердла. Розбивка отворів збільшується залежно від в'язкості металу, швидкості свердління і діаметра отворів. Застосування кондукторів дає змогу уникнути розбивки отворів.

У процесі свердління відбувається сточування різальних кромek свердла, і свердло стає непрацездатним.

Для того щоб відновити різальні властивості свердла, його необхідно заточити. Заточку свердла виконують на заточному верстаті.

Отриманий у результаті заточування свердла кут при його вершині перевіряють спеціальними шаблонами.

Для свердління сталі та чавуну застосовують свердла з кутом $116\text{--}118^\circ$, а для свердління кольорових металів — $120\text{--}140^\circ$.



Правила безпеки під час виконання операцій свердління, зенкерування і розгортання отворів:

- ➔ не можна торкатися до свердла і рухомих частин руками;
- ➔ не можна тримати у лівій руці деталь — її треба закріпити в ручних або машинних лещатах, які рекомендується кріпити до столу верстата;
- ➔ не можна здувати стружку або видаляти її руками — лише щіткою;
- ➔ не можна допускати при свердлінні утворення довгих кручених стружок, які, обертаючись разом зі свердлом, можуть поранити руки й обличчя;
- ➔ під час свердління крихких металів (бронза, чавун) необхідно користуватися захисними окулярами;
- ➔ при роботі на свердлильних верстатах необхідно працювати без рукавичок і рукавиць, бо їх можуть захопити обертові частини верстата;
- ➔ слюсар у випадку появи несправностей у роботі верстата зобов'язаний припинити роботу й повідомити майстрові.

Основні види браку при свердлінні отворів:

- груба поверхня просвердленого отвору утворюється при роботі тупим або неправильно заточеним свердлом за значної величини подачі й недостатнього охолодження свердла. Для запобігання цьому видові браку потрібно перед початком роботи перевірити шаблоном правильність заточування свердла, працювати лише відповідно до зазначених у технологічній карті режимів, своєчасно регулювати подачу охолоджувальної рідини на свердло;
- діаметр просвердленого отвору, що перевищує заданий, виникає унаслідок неправильного вибору розміру свердла, неправильного його заточування (нерівні кути різальних кромek, різальні кромки різної довжини, зсув поперечної кромки свердла), наявність люфту у вузлі шпинделя верстата та ін. Щоб уникнути цього виду браку, необхідно до початку роботи перевірити заточування свердла, ви-

брати свердло необхідних розмірів, перевірити положення шпинделя і ретельно відрегулювати його;

- зсув осі отвору виникає в результаті неправильної розмітки деталі (при свердлінні за розміткою), неправильної установки і слабкого кріплення деталі на столі верстата (деталь зрушилася під час свердління), биття свердла в шпинделі і відведення свердла убік. Щоб запобігти зсуву осі, потрібно правильно розмічати деталь і заздалегідь засвердлювати центрове заглиблення, перевіряти міцність кріплення деталі до початку роботи, а також биття і правильність заточування свердла;
- перекус осі отвору може бути спричинений неправильною установкою деталі на столі верстата або в пристосуванні, потраплянням стружки під деталь, неперпендикулярним розташуванням столу до шпинделя верстата і надто великим натиском на свердло при подачі. Щоб попередити цей вид браку, необхідно детально перевірити установку і кріплення деталі, попередньо очистивши від стружки і бруду стіл, вивірити його, а також стежити за силою натиску на свердло при ручній подачі.



Правила безпеки

- ➔ правильно встановлювати, надійно закріплювати заготовки на столі верстата і не утримувати їх руками у процесі обробки;
- ➔ не залишати ключ у свердлильному патроні після зміни різального інструмента;
- ➔ пуск верстата виконувати лише тоді, коли є впевненість у безпеці роботи;
- ➔ стежити за роботою помпи і кількістю охолоджувальної рідини, що надходить до місць обробки;
- ➔ не торкатися до різального інструмента і шпинделя під час обертання;
- ➔ не виймати рукою зламаних різальних інструментів з отвору, користуватися для цього спеціальними пристосуваннями;
- ➔ не натискати сильно на важіль подачі під час свердління заготовок на прохід, особливо — у випадку робіт свердлами малого діаметра;
- ➔ підкладати дерев'яну підкладку на стіл верстата під шпиндель при зміні патрона або свердла;
- ➔ користуватися спеціальним ключем, клином для видалення свердлильного патрона, свердла або перехідної втулки зі шпинделя;
- ➔ постійно стежити за справністю різального інструмента і пристроїв кріплення заготовок і інструмента;
- ➔ не передавати і не приймати будь-яких предметів через працюючий верстат;
- ➔ не працювати на верстаті в рукавицях;
- ➔ не спиратися на верстат під час його роботи.

➤ **Обов'язково зупиняти верстат у випадку:**

- якщо відходите від верстата навіть на короткий час;
- припинення роботи;
- виявлення несправностей верстату, приладдя, пристосувань чи різального інструмента;
- змащування верстата;
- установки або зміни різального інструмента, пристосувань і т. д.;
- прибирання верстата, робочого місця, стружки з інструмента, патрона і заготовки.

1.7. Нарізання різьби

Різьбове з'єднання — найбільш простий і надійний вид кріплення деталей і вузлів (рис. 1.7.1).

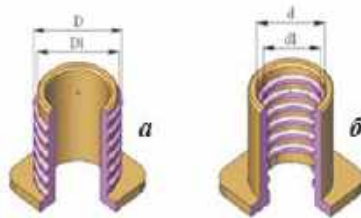


Рис. 1.7.2. Різьба: а — зовнішня; б — внутрішня



Рис. 1.7.3. Напрямок різьби

Різьбове з'єднання має такі переваги: можливість регулювання затягування з'єднання, розбирання і повторне складання з'єднання без заміни деталей.

Різьба буває двох видів: **зовнішня** і **внутрішня** (рис. 1.7.2).

Різьбове з'єднання складається з гвинта і гайки. Стержень із зовнішньою різьбою називається **гвинтом**, деталь з внутрішньою різьбою — **гайкою**.

Цей вид кріплення виготовляють або на верстатах, або ручним способом. Якщо розглядати рух будь-якої точки у напрямку різьби, то вона буде рухатися за гвинтовою траєкторією. При русі точки у напрямку різьби проти годинникової стрілки (зліва направо) виходить правий напрямок різьби, в разі руху за годинниковою стрілкою (справа наліво) — лівий напрямок різьби (рис. 1.7.3).

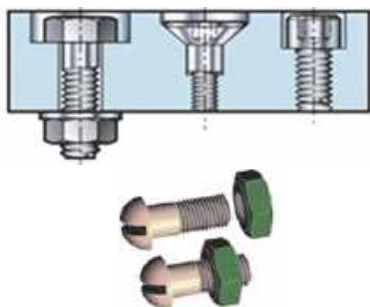
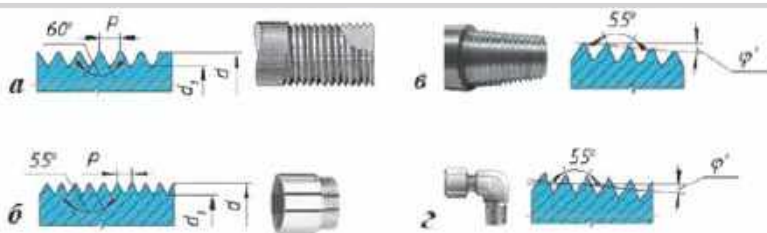
Правий напрямок різьби називається так тому, що для загвинчування гвинта (або гайки) з цією різьбою його треба обертати вправо, тобто за годинниковою стрілкою. При лівій різьбі гвинт або гайку для загвинчування треба обертати вліво, тобто проти годинникової стрілки.



Рис. 1.7.1. Різновиди різьбових з'єднань

Рис. 1.7.6. Профілі різьби:

а — метрична трикутна;
 б — трубна циліндрична;
 в — трубна конічна; г —
 дюймова конічна; д — круг-
 ла; е — трапецієподібна;
 ж — упорна різьба; з —
 прямокутна нестандартна

**Рис. 1.7.4.** Різьбове з'єднання:
гвинт і гайка

Різьбові з'єднання є найбільш поширеними з усіх роз'ємних з'єднань, які застосовують у комп'ютерній техніці, машинобудуванні та інших галузях.

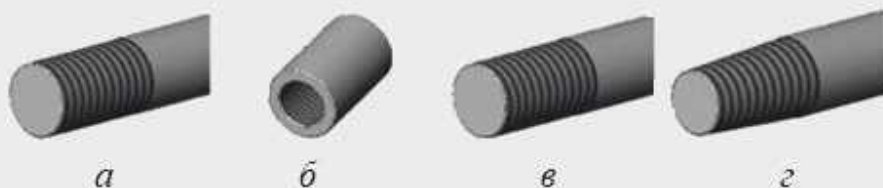
Основні переваги: легка роз'ємність, висока механічна міцність і надійність, достатня точність деталей, що з'єднуються, низька ціна.

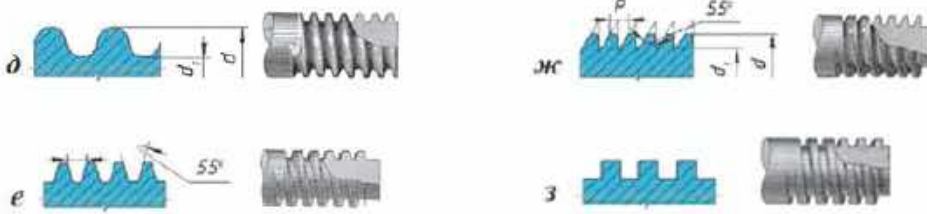
Конструктивні форми різьбових деталей досить різноманітні: *гвинт, болт, шпилька, гайка*. Різьба виконується на зовнішній (*гвинт, болт, шпилька*) або внутрішній (*гайка*) циліндричній поверхні (рис. 1.7.4).



Різьби класифікуються за декількома ознаками:

- залежно від форми профілю різьба буває — *трикутна, трапецієподібна, кругла, прямокутна*;
- за розташуванням на поверхні — *зовнішня і внутрішня* (рис. 1.7.5, а, б);
- за видом поверхні, на якій нарізана різьба, — *циліндрична та конічна*. Циліндричну різьбу утворюють на бічній поверхні прямого колового циліндра, а конічну — на бічній поверхні прямого колового конуса (рис. 1.7.5, в, г);
- за експлуатаційним призначенням — *кріпильна (метрична), кріпильно-ущільнювальна (трубна), ходова (трапецієподібна, упорна), спеціальна*. Кріпильна різьба забезпечує повне й надійне нерухоме з'єднання деталей при статичних і динамічних навантаженнях та різному температурному режимі; кріпильно-ущільнювальна різьба забезпечує герметичність з'єднання при різких температурних режимах; ходова різьба служить для перетворення обертального руху на прямолінійний та навпаки зі сприйняттям великих зусиль за порівняно малих швидкостей руху. Кріпильна різьба буває: *метрична, дюймова, трубна і конічна*. До спе-

**Рис. 1.7.5.** Вид різьби: а — зовнішня; б — внутрішня; в — циліндрична; г — конічна



ціальних різьб належать, наприклад, кругла для цоколів і патронів електроламп, кругла для санітарно-технічної арматури, годинникова, окулярна, для об'єктивів мікроскопів, на пластмасових деталях (рис. 1.7.6);

- залежно від напрямку гвинтової поверхні — *права та ліва*;
- за кількістю ниток різьби поділяють на *однозахідні (одноходові)*, коли на торці гвинта або гайки видно тільки один кінець витка, і *багатоzaхідні*, в яких на торці гвинта або гайки видно два (двозахідні) або кілька кінців витка (рис. 1.7.7). У цьому разі кроком різьби s називають відстань уздовж осі гвинта між однойменними точками витка однієї й тієї ж нитки.

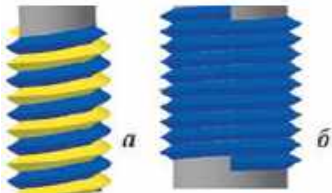


Рис. 1.7.7. Число ниток різьби:
а — багатоzaхідні; б — однозахідні

Для багатоzaхідних різьб треба розрізняти терміни «крок» і «хід». Хід означає відстань, на яку гвинт за один повний його оберт переміститься вздовж осі, тобто крок однієї й тієї ж гвинтової лінії різьби. Хід різьби дорівнює добутку кроку на число заходів. В одноходовій різьби крок дорівнює ходу.

Метрична різьба є основною кріпильною різьбою. Усі параметри метричної різьби виражають у міліметрах. Метричні різьби поділяються на різьби з **великими і дрібними кроками**; за основну різьбу прийнята різьба з великим кроком.

Кріпильна різьба має номінальні діаметри від 1 мм і вище; різьба з діаметром до 0,9 мм називається *часовою різьбою*.

➤ Основні параметри різьби (рис. 1.7.8):

- **зовнішній діаметр різьби** (d — для стержня, D — для отвору) — діаметр уявного циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої різьби або западин внутрішньої різьби;

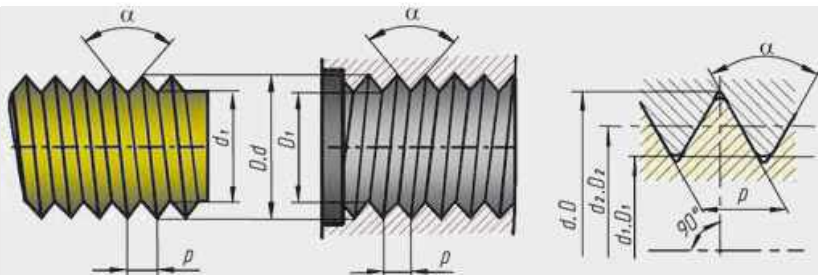


Рис. 1.7.8. Основні параметри різьби

- *внутрішній діаметр різьби* ($d1$ — для стержня, $D1$ — для отвору) — діаметр уявного циліндра, вписаного у западини зовнішньої різьби або у вершини внутрішньої різьби;
- *середній діаметр різьби* ($d2$ — для стержня, $D2$ — для отвору) — діаметр уявного співвісного з різьбою циліндра, який перетинає витки різьби так, що ширина виступу різьби та ширина западини рівні;
- *крок різьби* P — відстань між сусідніми однойменними бічними сторонами профілю в паралельному до осі різьби напрямку.

➤ **До інших параметрів різьби належать:**

- *профіль різьби* — переріз її витка площиною, що проходить через вісь циліндра або конуса, на якому нарізано різьбу. За формою профілю різьби поділяють па трикутні, прямокутні, трапецієподібні, упорні (профіль у вигляді нерівнобічної трапеції) і круглі;
- *глибина різьби (висота профілю)* t — відстань від вершини різьби до основи профілю; вимірюється перпендикулярно до осі гвинта.
- *хід різьби* P_h — відстань між найближчими однойменними бічними сторонами профілю, які належать одній і тій самій гвинтовій поверхні, в напрямку, паралельному осі різьби. Хід різьби — величина відносного осьового переміщення гвинта (гайки) за один оберт. Для багатозахідних різьб хід різьби визначають за формулою:

$$P_h = P \cdot n,$$

де P — крок різьби, мм; n — число заходів.

Метрична різьба позначається буквою M в поєднанні з діаметром різьби і кроком, наприклад: **$M6 \times 1,5 - 6g$** , де M — метрична, 6 — зовнішній діаметр різьби в мм, $1,5$ — крок різьби в мм; 6 — ступінь точності; g — основне відхилення.



Рис. 1.7.9. Набір мітчиків

Інструментами для нарізування різьби служать **мітчики і круглі плашки**.

Мітчики застосовують для нарізування внутрішньої різьби в отворах. Мітчики виготовляють у комплектах з двох або трьох штук (рис. 1.7.9).

Клеймо на хвостовику мітчика позначає його тип і розмір, а розташовані на ньому кругові рисочки вказують черговість застосування мітчика з комплекту.

Чорновий — перший мітчик (одна риска); **середній** — другий мітчик (дві рисочки); **чистовий** — третій (три рисочки). Діаметр чорнового мітчика трохи менший, ніж чистовий; він тільки намічає різьбові канавки, а чистовий доводить їх до необхідного розміру.

➤ **Для нарізування внутрішньої різьби необхідні такі інструменти:**

- мітчики різних розмірів;
- комірець для щільної фіксації;
- інструментальні лещата, необхідні для затиску заготовки;
- будь-який вид механічного мастила, що знижує тертя між металом.

Якість внутрішньої різьби залежить від діаметра отвору під різьбу, правильного вибору і способу застосування мастильного матеріалу, а також правильного вибору інструментів. Мітчики добирають комплексно на основі даних креслення або за різьбоміром.



Рис. 1.7.10. Процес нарізування різьби

Мітчик змащують машинною оливою і, встановивши його строго перпендикулярно щодо деталі, починають обертати за допомогою воротка (рис. 1.7.10).

Через кожні півоберта роблять чверть оберта у зворотний бік; це полегшує нарізування різьби і запобігає заїданню і поломці мітчика. Для того щоб мітчик вривався в метал, на нього плавно натискають на початку нарізування різьби, а потім обертують без натиску. Після нарізування різьби першим (чорновим) мітчиком процес повторюють другим і третім (чистовим) мітчиками.

Нарізану різьбу протирають чистою ганчіркою і перевіряють прохідним і непрохідним різьбовими калібрами.

При нарізуванні глибоких наскрізних отворів мітчики рекомендується періодично вивертати й очищати від стружки; те саме роблять і при нарізанні ненаскрізних отворів. При нарізуванні різьби дрібними мітчиками, діаметр яких менше ніж

3–4 мм, треба бути обережним і не докладати великих зусиль, оскільки це може призвести до викришування зубів мітчика або його поломки.

Для нарізування різьби необхідно правильно дібрати діаметр свердла. При більшому діаметрі просвердленого отвору різьба не буде повною по глибині, а якщо отвір буде меншим за потрібний, то ймовірність поламати мітчик і зірвати різьбу зростає. Діаметр свердла під різьбу вибирають у таблицях або розраховують за формулами:

$$d_c = D - 1,1P.$$

Для м'яких металів:

$$d_c = D - 0,09P$$

або

$$d_c = D - 1,5 t.$$

Для твердих крихких металів (сталь):

$$d_c = D - 1,8 t.$$

Для в'язкого металу (мідь, алюміній і т. д.):

$$d_c = D - 1,2 t,$$

де d_c — діаметр свердла під різьбу, мм; D — зовнішній діаметр різьби, мм; P — крок різьби, мм; t — глибина різьби.

Вибір свердла залежно від металу, в якому нарізується різьба, і виду різьби шукають у довідниках та таблиці (див. Додаток 1, 2).

Якщо під час нарізування різьби мітчик зламався, то його можна вивернути, захопивши виступаючу частину плоскогубцями. За відсутності виступаючої частини

уламок мітчика вивертають за допомогою зігнутого удвічі дроту, кінці якого попередньо вставляють у канавки.

Зовнішню різьбу нарізують за допомогою круглих плашок (лерок), які діляться на цільні та розрізні (рис. 1.7.11).

встановлюють у лещата. На кінці стержня запилюють фаску для установки плашки.

Нарізування зовнішньої різьби проводять у певній послідовності (рис. 1.7.12).



Рис. 1.7.11. Типи круглих плашок: а — цільні; б — розрізні

На стержні роблять фаску за допомогою напилка, потім накладають плашку на кінець стержня так, щоб її площина була перпендикулярною до стержня. Стержень під різьбу повинен мати чисту поверхню. Не можна нарізати різьбу на стержнях, вкритих окалиною чи іржею, тому що в цьому разі дуже зношуються плашки. Перед нарізуванням різьби стержень закріплюють у лещатах так, щоб його кінець виступав над рівнем губок лещат на 15–20 мм вище від потрібної довжини нарізуваної частини.

Потім правою рукою натискають на плашку, а лівою повертають плашкотримач до тих пір, поки плашка не вріжеться в стержень. Як тільки плашка вріжеться, натиск припиняють і починають обертати плашку за годинниковою стрілкою (на 1/2 оберту в одну сторону і на 1/4 оберту в іншу). Після нарізування різьби її очищають від мастила та стружки і контролюють за допомогою різьбового калібр-кільця або гайки потрібного діаметру.

Діаметр стержня, який обирається для нарізування різьби, визначають за таблицею 2 (див. Додаток 2).

При нарізуванні різьби іноді виникають такі види браку:

- нечиста або рвана нарізка утворюється за відсутності мастила або при перекосі мітчика чи плашки;



Рис. 1.7.12. Нарізування зовнішньої різьби: а — кріплення деталі та зняття фаски; б — встановлення плашки; в — нарізання різьби; г — контроль якості різьби

- різьба неповного профілю — діаметр отвору більше норми або діаметр стержня менше норми;
- перекіс різьби або поломка мітчика (плашки) — діаметр отвору менше норми і діаметр стержня більше норми.

Діаметр нарізаної різьби вимірюють *штангенциркулем*. Для визначення кроку різьби застосовують *різьбоміри*. Для комплексної перевірки зовнішньої різьби використовують комплект різьбових калібрів, що складається з двох кілець, з яких одне прохідне (ПР), а інше — непрохідне (НЕ). Внутрішню різьбу перевіряють різьбовим калібром, що складається з прохідного (ПР) і непрохідного (НЕ) калібрів.

Для прискорення нарізування різьби в отворах застосовують свердлильні верстати, оснащені спеціальними запобіжними патронами, а для нарізування зовнішньої різьби необхідні спеціальні різьбонакатні верстати.

1.8. Заклепкові з'єднання

Клепання — процес з'єднання двох або декількох деталей за допомогою заклепок.

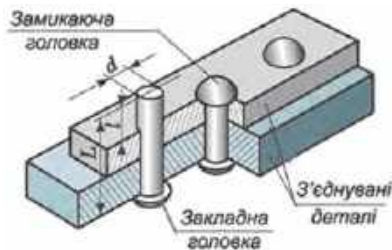


Рис. 1.8.1. Заклепкові з'єднання

Заклепкові з'єднання належать до групи нероз'ємних, оскільки роз'єднання склепаних деталей можливе лише шляхом руйнування заклепки. Такий тип з'єднань широко застосовують при виготовленні металевих конструкцій мостів, ферм, рам, балок, а також у літако- і суднобудуванні (рис. 1.8.1).

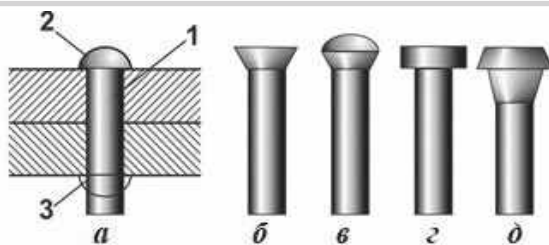
З'єднуючою деталлю при клепанні є **заклепка** — стержень круглого перетину з головками на кінцях, одну з яких виконують заздалегідь (рис. 1.8.2). З'єднання отримують шляхом установки заклепок у завчасно підготовлені отвори в деталях (пакеті листів) і клепання спеціальним інструментом, що замикає головки. У процесі клепки утворюється стяжка (стиснення) пакета, і внаслідок

поперечної пружнопластичної деформації стержня відбувається заповнення початкового зазору між стержнем і стінками отвору, що приводить до утворення натягу.



Рис. 1.8.2. Заклепки

Рис. 1.8.3. Конструкція заклепки (а):
1 — стержень заклепки, 2 — заставна головка, 3 — замикальна головка та типи заклепок: а — з напівкруглою головою; б — з напівкруглою низькою головою; в — з плоскою головою; г — з потайною головою; д — з напівпотайною головою



➤ **За конструкцією заклепки бувають:**

- із суцільним стержнем, які згідно з ДСТУ поділяються на: з напівкруглою головою (рис. 1.8.3, а) — застосовуються в силових і щільних швах; з напівкруглою низькою головою (рис. 1.8.3, б); з плоскою головою (рис. 1.8.3, в) — призначені для роботи в корозійних середовищах; з потайною головою (рис. 1.8.3, г) застосовуються у разі неприпустимості виступаючих частин (зокрема в літаках); з напівпотайною головою (рис. 1.8.3, д) — для з'єднання тонких листів. Заклепки з суцільним стержнем застосовують для відповідальних з'єднань;
- напівпустотілі й пустотілі (рис. 1.8.4.), застосовують для з'єднання тонких листів і неметалевих деталей, що не допускають великих навантажень.



Рис. 1.8.4. Трубчасті заклепки: а — пустотілі; б — напівпустотілі

➤ **Вибір конкретних параметрів і різновиди кріплення визначають трьома основними критеріями:**

- забезпечення необхідної міцності з'єднання, з урахуванням додаткових параметрів і вимог до шва;
- технологічними можливостями обладнання для роботи з конкретним видом заклепкового з'єднання;
- економічною доцільністю використання клепаного з'єднання.

Заклепувальні шви бувають **нахлестом** (один лист накладається на інший) і **у стик**. Стикувальні шви можуть бути з однією або двома накладками (рис. 1.8.5). Шви з накладками більш надійні, застосовуються у відповідальних і навантажених місцях.

➤ **За призначенням розрізняють такі з'єднання:**

- міцні — для передачі навантаження;

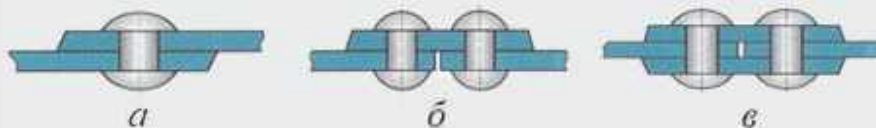


Рис. 1.8.5. Типи заклепувальних швів: а — з'єднання нахлестом; б — з'єднання з однією накладкою; в — з'єднання з двома накладками

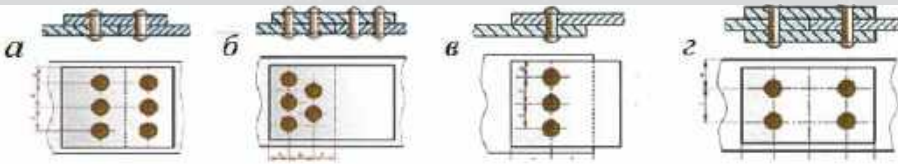


Рис. 1.8.6. Розташування заклепок: а — однорядні у стиковому з'єднанні з однією накладкою; б — дворядні з шаховим розташуванням заклепок у стиковому з'єднанні з однією накладкою; в — однорядні нахлестом; г — однорядні у стиковому з'єднанні з двома накладками

- щільні — для забезпечення герметичності;
- міцнощільні — як для передачі навантаження, так і для забезпечення герметичності.

► **За розташуванням заклепок з'єднання бувають:**

- однорядні;
- дворядні;
- багаторядні.

Розташовуватися вони можуть одне навпроти одного або в шаховому порядку (рис. 1.8.6). Шви можуть бути *міцними*, *щільними* (герметичними) або *міцнощільними*. Щільні виконують за допомогою еластичних прокладок, що закладаються між з'єднуваними деталями. Міцнощільні застосовують переважно в котлах. Зараз їх частіше замінюють зварюванням.

Найбільш поширеним видом з'єднання деталей машин і механізмів є з'єднання заклепками з напівкруглою, потайною, напівпотайною та плоскою закладною головкою і діаметром стержня від 1 до 36 мм. Клепання буває на холодне, тобто виконуване без нагріву заклепок, і гаряче, при якому сталеві заклепки перед їх установкою на місце нагрівають до 1000–1100° С. Практикою вироблені такі рекомендації щодо застосування холодного і гарячого клепа́ння залежно від діаметра заклепок: при $d < 8$ мм — тільки холодне клепа́ння; при $d > 12$ мм — тільки гаряче.

Перевага гарячого клепа́ння полягає в тому, що стержень краще заповнює отвір у склепуваних деталях і при охолодженні заклепка краще стягує їх. Замикання головки може відбуватися при швидкому (ударне клепа́ння) і при повільному (пресове клепа́ння) впливові сили.

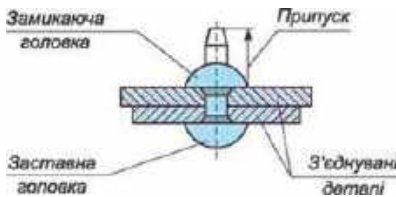


Рис. 1.8.7. Схема елементів заклепкового з'єднання

Клепа́ння виконують **ручним** і **механізованим** способом. В обох випадках розміри заклепок залежать від товщини з'єднуваних деталей. Діаметр заклепки повинен дорівнювати подвійній товщині тоншої деталі. Довжина стержня заклепки дорівнює сумі товщини з'єднуваних деталей і довжини виступаючої частини (вона становить 1,25–1,5 діаметра заклепки), з якої утворюють замикальну головку (рис. 1.8.7).

З'єднання деталей заклепками з суцільним стержнем ручним способом складається з кількох технологічних операцій. Спочатку розмічають і накер-

Рис. 1.8.9. З'єднання деталей заклепками: а — свердління отвору; б — прийом вставляння заклепки

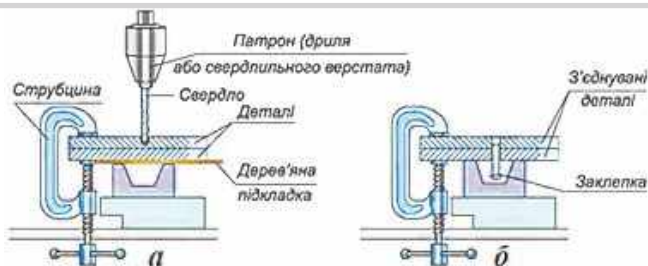


Рис. 1.8.8. Намічання отвору

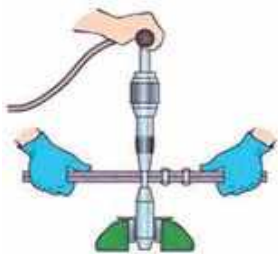


Рис. 1.8.11. Схема промислового клепання

нують отвори в з'єднуваних деталях (рис. 1.8.8). Потім свердлять отвори на свердильному верстаті. Діаметр отвору має бути на 0,1...0,3 мм більшим за діаметр стержня заклепки. Бажано свердлити одразу дві заготовки, застиснувши їх у ручних лещатах або за допомогою струбици (рис. 1.8.9, а). Після свердління заклепку вставляють в отвір заставною головкою донизу (рис. 1.8.9, б).

За допомогою спеціальних інструментів — **натягача** та **підтримки** — осаджують і ущільнюють місце з'єднання деталей (рис. 1.8.10, а). Форма отвору в підтримці повинна точно відповідати формі закладної головки, а діаметр отвору натяжки має бути на 1–1,5 мм більшим за діаметр заклепки. З виступаючого кінця заклепки круговими ударами молотка формується **замикальна головка** (рис. 1.8.10, б). Розклепуючи замикальну головку, необхідно надати їй овальної форми (рис. 1.8.10, в). Щоб надати розклепаній замикальній головці правильної сферичної форми, а також зробити її поверхню гладенькою, застосовують **обтискач** (рис. 1.8.10, г).

У промисловому виробництві заклепкові з'єднання виконують **механізованим способом** (рис. 1.8.11).



Рис. 1.8.13. Витяжні заклепки (а) та схема монтажу витяжної заклепки (б)

Для виконання таких технологічних операцій застосовують спеціальні клепальні інструменти (рис. 1.8.12): **пневматичний клепальний молоток**, **електромеханічна клепальна машина**, **ручний заклепник**.

З'єднання деталей, на які немає великого навантаження, виконують витяжними заклепками. Залежно від виду конструкційних матеріалів,

Рис. 1.8.12. Спеціальні клепальні інструменти: а — пневматичний клепальний молоток; б — електромеханічна клепальна машина; в — ручний заклепник



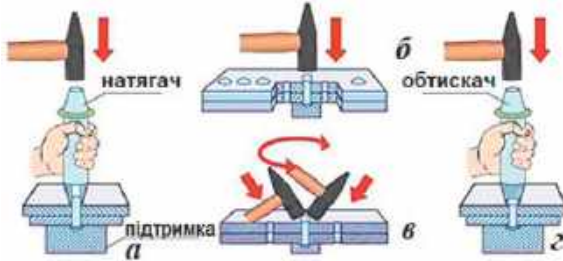


Рис. 1.8.10. Прийоми виконання заклепкового з'єднання: а — ущільнення з'єднаних деталей; б; в — формування замикальної головки; г — обтискування (формування) замикальної головки



Рис. 1.8.14. Різновиди ручного заклепника

які підлягають з'єднанню, використовують різні типи витяжних заклепок (рис. 1.8.13). Їх монтаж здійснюють спеціальним інструментом, який називається **заклепником** (рис. 1.8.12, в; 1.8.14). У процесі монтажу заклепки вставляють у заздалегідь виготовлений отвір (рис.1.8.13).

З протилежного боку замикальної головки стержень заклепки захоплюється затискним пристроєм заклепника. Від натиску на рукоятку інструмента стержень витягується, стискаючи при цьому пустотілий корпус заклепки. У результаті на протилежній стороні заготовки утворюється щільний упор. Частина стержня, яка виступає над поверхнею з'єднаних деталей, видаляється інструментом автоматично (рис. 1.8.15).

Заклепки виготовляють із матеріалів, що мають хорошу пластичність: сталей Ст2, 10; СТЗ, 15, міді МЗ, МТ, латуні Л63, алюмінієвих сплавів АМг5П, Д18, АД1, для відповідальних з'єднань з нержавіючої сталі Х189Т, легованої сталі 09Г2. Як правило, заклепки повинні бути з того ж матеріалу, що і деталі, які сполучаються, інакше можлива поява корозії температурної зміни і руйнування місця з'єднання.

При ручній клепці застосовують *слюсарні молотки з квадратним бойком, підтримки, обтискачі, натяжки і чекани*. Масу молотка вибирають залежно від діаметра заклепки:

Діаметр заклепки, мм	2	2,5	3	3,5	4	5	6–8
Маса молотка, г	100	100	200	200	400	400	500

Підтримки є опорою при розклепуванні стержня заклепок. Форма і розміри підтримок залежать від конструкції склепаних деталей і діаметру стержня

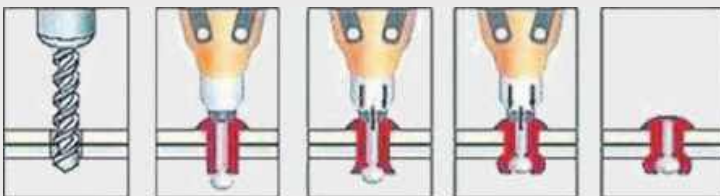


Рис. 1.8.15. Схема прийомів з'єднання деталей витяжною заклепкою

заклепки, а також від вибраного методу клепаання (прямий або зворотний). Підтримка має бути у 3–5 разів масивніша за молоток. Необхідну кількість, діаметр і довжину заклепок визначають розрахунковим шляхом. Довжину стержня заклепки вибирають залежно від товщини склепуваних листів (пакету) і форми замикальної голівки. Довжина частини стержня заклепки для утворення замикальної потайної голівки визначається за формулою:

$$l = s + (0,8 \div 1,2)d,$$

де: l — довжина стержня заклепки, мм; s — товщина склепуваних листів, мм; d — діаметр заклепки, мм.

Для утворення замикальної напівкруглої головки формула має такий вигляд:

$$l = s + (1,2 \div 1,5)d.$$

За розрахунковим (наближеним) значенням добирають найближче значення з-поміж передбачених стандартами довжин заклепок. Залежно від діаметра заклепки отвори у склепуваних листах (пакетах) свердлять або пробивають. Діаметр отвору має бути більшим за діаметр заклепки в такій залежності:

Діаметр заклепки, мм	2,0	2,3	2,6	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Діаметр отвору, мм	2,1	2,4	2,7	3,6	4,1	5,2	6,2	7,2	8,2

Перевагою заклепаних з'єднань є стабільність і контрольованість якості з'єднання.

➤ Недоліки заклепувальних з'єднань:

- Висока трудомісткість і низька технологічність.
- Підвищена витрата металу.
- Незручні конструктивні форми, пов'язані з необхідністю накладення листів металу або застосування спеціальних накладок.

Дефекти клепаання:

- нещільне прилягання головки;
- збита убік головка;
- маломірна головка;
- необжата головка;
- рвані краї головки; рвана головка і заруби на листі;
- грибоподібна головка;
- нещільне прилягання головки по всьому контуру;
- коса заклепка;
- нещільне прилягання закладної та замикачої головки до поверхні листа, що перевіряється щупом товщиною 0,1 мм;
- наявність збитих убік замикальних головок;
- маломірні й необжаті головки, які утворюються через недостатню довжину стержня заклепки.

1.9. Пайка, лудіння та склеювання

Пайка — нероз’ємне з’єднання металевих деталей за допомогою розплавленого сплаву — **припою**.



Рис. 1.9.1. Пайка металу

Пайку застосовують для отримання міцних і герметичних з’єднань. Завдяки незначному нагріванню з’єднувальних матеріалів спаяні вироби зберігають свою структуру, механічні властивості, форму і розміри. Паяють чорні й кольорові метали та їх сплави.

Температура плавлення припою є істотно нижчою, ніж температура плавлення з’єднуваних деталей. Тому при паянні ці деталі нагріваються, але залишаються твердими. Припій при нагріванні плавиться і, сплавляючись з нагрітими, добре зачищеними поверхнями деталей (виробів), забезпечує їх з’єднання. Щоб захистити зачищені з’єднані поверхні деталей від окислення, використовується **паяльний флюс**.

Для якісної пайки (рис. 1.9.1) найбільш важливо підібрати необхідні припій і паяльний флюс. Місце спайки нагрівають до такої температури, при якій

припій спочатку розм’якшується, а потім, при подальшому підвищенні, стає рідким. Інтервал температур, відповідний цим двом станам припою, називається **зоною плавлення припайки**, а температура, при якій відбувається сплавлення рідкого припою з нагрітими металевими деталями, — **робочою температурою**. Проміжок часу від початку нагрівання місця спайки до затвердіння припою — це **час пайки**. На нього впливає якість паяльного флюсу, який наносять на місце спайки при нагріванні. У цілому ж процедура паяння зазвичай займає від декількох секунд, наприклад, при пайці виводів інтегральних схем і до 4–5 хвилин — при пайці великих металевих листів.

Нероз’ємне з’єднання металів пайкою може бути виконано паяльником у газовому полум’ї, пайкою в печах, у ванні з розплавленим припоєм, хімічним способом, автогенною пайкою.

Для пайки припоєм необхідні **паяльники**, **припайки**, а також засоби, що очищують, травлять поверхню і запобігають її окисленню під час пайки.

Паяльник — це ручний інструмент різної форми і маси.

Сучасні паяльники працюють шляхом використання електричної енергії, що подається від мережі або від акумулятора. Їх розрізняють за принципом нагріву і конструкцією. Існує багато різновидів паяльників: **класичні електричні**, **газові**, **інфрачервоні**, **термоповітряні**, **цифрові**, **імпульсні** та інші (рис. 1.9.2).



Рис. 1.9.2. Різновиди паяльників: а — класичний електричний; б — цифровий; в — для паяння і лудіння металевих деталей; г — імпульсний; д — термоповітряна паяльна станція; е — інфрачервона паяльна станція; ж — газовий; з — автономний акумуляторний

Метали, які мають високу температуру плавлення, можуть розчинятися в рідкому металі з набагато нижчою температурою плавлення. Наприклад, мідь, яка плавиться при 1083°C , розчиняється в розплавленому олові, температура плавлення якого 232°C ; так само залізо з температурою плавлення 1535°C розчиняється в цинку, температура плавлення якого 419°C ; сурма, 630°C — у свинці, 327°C ; вуглець, 3000°C — у залізі, 1535°C ; нікель, 1455°C — у міді, 1083°C .

➤ **Для пайки необхідні такі умови:**

- рідкий розплавлений припій повинен змочувати поверхню металу, тобто сили зчеплення всередині краплі припою повинні бути меншими, ніж сили зчеплення, що виникають між припоєм і деталлю;
- поверхня металу і припій повинні щільно стикатися одне з одним, тобто між ними не повинно бути окисної плівки або будь-яких інших забруднень.

Тому місця паяння перед пайкою необхідно добре зачищати *шабером, напилком або шкуркою*, щоб видалити з поверхні бруд, жир, фарбу. Але крім механічних забруднень, що видаляються зачисткою, на поверхні металу завжди є окисна плівка, яка утворюється на металі від контакту з киснем із повітря. Хоча цю плівку можна видалити механічним шляхом, у процесі пайки вона знов утворюється і тим швидше, чим вища температура.

Припій – це метал або сплав, який має температуру плавлення нижчу, ніж метали, що з'єднуються при пайці.



Рис.1.9.3. Різновиди припою

➤ **Припої класифікуються за такими критеріями:**

- за способом подачі флюсу — безфлюсові та з флюсовим осердям. Для перших флюс подається окремо, другі містять його у складі;
- за основним елементом – олов'яні, нікелеві, кобальтові, марганцеві, титанові, срібні, цирконієві, ванадієві і т. д.;
- за способом отримання бувають готові припої припайки, що формуються безпосередньо під час пайки;
- за розчинністю компонентів — припої, які повністю розплавляються під час пайки, і припайки, що розплавляються частково;
- за формою випуску — дріт'яні, пруткові, листові, гранульовані, пастоподібні (рис. 1.9.3);
- за температурою плавлення — легкоплавкі (переходять у рідкий стан при низькій температурі) й тугоплавкі (переходять у рідкий стан при високій температурі).

До лідерів в області паяльних матеріалів відносять: AIM 60Sn/40Pb Solid Wire — дріт'яний високочистий припій без флюсу, що містить 60% олова і 40% свинцю; AIM 210AX — дріт'яний припій з флюсовим наповнювачем на синтетичній основі; SAC 305 — безсвинцевий припій; AIM 63Sn/37 Pb ELECTROPUR — високочистий припій для групової пайки.

➤ **Види пайки:**

- низькотемпературна — для мініатюрних деталей і тонких плівок;
- високотемпературна — для деталей з великим навантаженням, зокрема й ударних, а також отримання вакуумно-щільних і герметичних з'єднань, що працюють в умовах високих тисків;
- композиційна — для виробів, що мають некапілярні або нерівномірні проміжки з використанням композиційних припоїв, які складаються з наповнювача і легкоплавкої складової;
- пайка готовим припоєм — припій розплавляється нагрівом, заповнює проміжок між деталями й утримується в ньому завдяки капілярним силам;
- реакційна пайка — розрізняють реакційно-флюсову (припій утворюється у результаті реакції флюсу і металу) та контактно-реакційну (деякі метали в місці контакту, внаслідок реакції, перетворюються у твердий сплав) пайку.

Найпоширенішими легкоплавкими (м'якими) припаями є олов'яно-свинцеві сплави (ПОС) з різним співвідношенням елементів.

➤ **Розрізняють два основних види пайки:**

- паяння м'якими припоями з температурою плавлення до 400° С;
- паяння твердими припоями — температура їх плавлення понад 550° С.

До найпоширеніших **легкоплавких (м'яких) припайок** належать **свинцево-олов'яні сплави (ПОС)** з різним співвідношенням елементів.

Олова у складі ПОС може бути 10–90 %, решта — свинець. Особливі властивості досягаються додаванням допоміжних компонентів. Щоб зменшити температуру плавлення, використовують вісмут і кадмій, а для підвищення міцності спаювання — сурму.

До найбільш часто використовуваних м'яких припоїв належать припої **ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61, ПОС-90**, що мають температуру плавлення від 190 до 280° С, а число у маркуванні вказує на відсотковий вміст олова у складі. За допомогою ПОС-90 спаюють деталі перед гальванічною обробкою. ПОС-61 використовують для з'єднання точних пристроїв, він незамінний у радіотехніці. Якщо в особливій точності немає потреби, використовують ПОС-40. Припою ПОС-30 надають перевагу, якщо ведуть роботу з міддю, латунню або сплавами зі сталі, оскільки з цими металами він поєднується найкраще.

➤ **Інші варіанти м'яких припоїв:**

- **сурм'янисті (ПОССу).** Використовують для оцинкованих і цинкових виробів переважно тоді, коли до міцності з'єднання висуваються підвищені вимоги;
- **олов'яно-свинцево-кадмієві (ПОСК)** застосовують для спаювання елементів, чутливих до перегріву;
- **олов'яно-цинкові (ОЦ),** якими паяють алюміній;
- **безсвинцеві припайки.** У їх складі, крім олова, можуть бути мідь, срібло, вісмут та інші метали. Безсвинцевими припоями сполучають деталі електроніки й електричної техніки переважно побутового призначення.

Тверді припайки застосовують для отримання високоміцних паяних з'єднань чорних і кольорових металів. Серед **твердих припайок** виділяють дві групи: **мідні** та **срібні сплави**.

До перших належать **мідно-цинкові ПМЦ-36 і ПМЦ-54** (число вказує на вміст міді у відсотках). Їх використовують для скріплення деталей з високим статичним навантаженням. У зв'язку з їх крихкістю недоцільно застосовувати для пайки матеріалів, які буде здійснюватися навантаження ударного або вібраційного характеру. Варіантами мідної припайки є **сплав мідь + титан (ПМТ-45)**, а також **мідно-фосфористі припайки**, в яких до міді й олова доданий фосфор. Ними з'єднують мідь та її сплави, а також срібло, чавун і тверді сплави.

Срібні припайки мають велику міцність, спаяні ними шви добре згинаються і легко обробляються. **Припій ПСр** (на основі срібла) містить срібло, мідь та інші добавки. В основному, такі припої застосовують під час зварювання кольорових, чорних металів і сплавів.

Припої **ПСР-10 і ПСР-12** використовують для пайки латуні, яка містить не менше 58% міді, припої **ПСР-25 і ПСР-45** — для пайки міді, бронзи і латуні, припій **ПСР-70** — для пайки хвилеводів, об'ємних контурів.

Переваги пайки м'якими припоями (рис. 1.9.3): *незначний нагрів з'єднуваних деталей, збереження розмірів і форми деталей; простота способу, висока щільність шва.*

Але є недоліки, зокрема *невисока міцність і термостійкість у межах 100° С.*



У процесі пайки м'якими припоями здійснюють такі операції:

- перед пайкою деталі підганяють одну до одної, місця пайки ретельно очищають напилком або шкіркою;
- очищені поверхні покривають флюсом і облуджують;
- робочий (загострений) кінець паяльника ретельно очищають, а якщо необхідно, запилюють драчевим напилком. Паяльник нагрівають, а робочий кінець облуджують. Для цього його попередньо натирають нашатирем або занурюють у нього;
- паяльником розплавляють припій і переносять його на з'єднувані поверхні деталей;
- паяльником повільно водять уздовж шва, поки він не прогріється, а припій рівномірно заповнить його;
- після застигання припою шов ретельно промивають, висушують і, якщо є потреба, зачищають шкіркою, а напливи припою видаляють шабером або напилком.
- паяльник зазвичай нагрівають до 400–450° С. Перегрів паяльника до 600° С і вище неприпустимий, тому що мідь, з якої він виготовлений, почне енергійно окислюва-



а



б

Рис. 1.9.4. Пайка твердими припоями: а – паяльники для пайки, б – послідовність виконання пайки

тися і не буде брати й утримувати припій. Крім того, мідь при перегріванні поглинає олово, що залишилося на паяльнику, тому його робочий загострений кінець стає крихким і зазубреним;

- спайку предметів м'якими припоями проводять на дерев'яній підкладці, бо металева основа поглинає значну частину тепла, охолоджує деталі й ускладнює роботу;
- пайка твердими припоями, у яких температура плавлення вище 550°C , дає міцні герметичні з'єднання. Тверді припої, в основному, складаються з міді, срібла, цинку та застосовуються для пайки чорних, кольорових і дорогоцінних металів.

➤ **Пайку твердими припоями (рис. 1.9.4) проводять у такій послідовності:**

- спаювані поверхні обпилюють і підганяють. Щільність підгонки багато в чому забезпечує успіх пайки;
- деталі з'єднують і закріплюють між собою за допомогою струбцин та інших затискних інструментів або зв'язують дротом з м'якої сталі;
- спаювані поверхні покривають флюсом (бурою) і повільно прогрівують полум'ям пальника або паяльної лампи;
- на нагрітий шов розкладають припій і нагрівають його доти, поки він не розплавиться і не заллє зазор у з'єднанні;
- після охолодження здійснюють зачистку шва і промивку для видалення залишків флюсу.

У процесі пайки необхідно уважно стежити за розтіканням припою. Він починає плавитися, щойно розплавиться і зробиться рідкою бура (флюс). Якщо припій збирається на один бік, отже, це місце нагріте сильніше і треба підігрівати іншу сторону, — тоді припій піде по всьому шву. Якщо ж підігрів не дає результатів, необхідно додати флюс і припій. З твердих припоїв найбільш поширеними є латунні.



Рис. 1.9.5. Різновиди флюсів:
а — соляна кислота; б — хлористий цинк; в — рідке скло;
г — плавикова кислота

➤ **Флюси можна поділити на дві групи:**

- флюси, що розчиняють окисні плівки на поверхні металів (іноді розчиняють і сам метал) та запобігають утворенню нових окислів при нагріванні у процесі пайки — це *соляна кислота, хлористий цинк, борна кислота і бура*;
- флюси, які не призводять до хімічної реакції, а служать лише для утворення захисного покриття раніше очищеного металу; ними користуються при пайці олов'яно-свинцевим припоєм — це *каніфоль, віск, смола*.

Соляна кислота (рис. 1.9.5, а) застосовується для пайки цинку і залізних цинкових виробів. Після використання соляної кислоти виріб потрібно ретельно промивати — краще в гарячій воді, оскільки соляна кислота, що залишилася на виробі, прискорює корозію.

Хлористий цинк (рис. 1.9.5, б) плавиться при 263°C ; готується травленням цинку в соляній кислоті; застосовується при паянні м'якими припоями латуні,

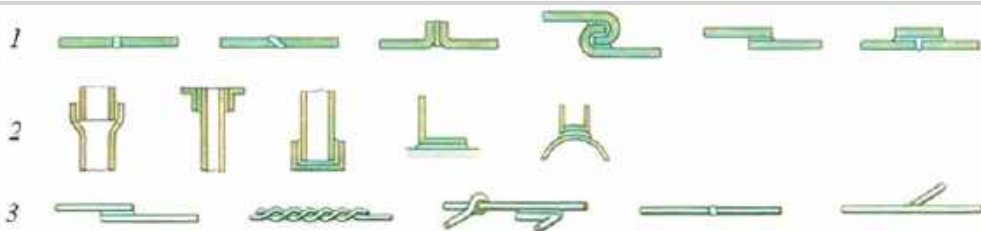


Рис. 1.9.6. Способи з'єднання деталей при пайці: 1 — плоских тонкостінних, 2 — трубчастих і складної форми, 3 — дрітчастих

міді, заліза. Після пайки виріб необхідно промити, оскільки залишки хлористого цинку призводять до появи корозії. Це найбільш поширений флюс для олов'яно-свинцевих припоїв. Випускається переважно у вигляді порошку; легко розчиняється у воді у відношенні 1 до 4.

Хлористий цинк-амоній складається з суміші хлористого цинку (75 %) і нашатирю (25 %). Така суміш плавиться при 175° С, тобто нижче температури плавлення олов'яно-свинцевих припоїв; він застосовується при пайці олов'яно-свинцевими припоями. Отримується у водному розчині (на 1 частину порошку потрібно 3–4 частини води).

Рідке скло (рис. 1.9.5, в) — флюс для твердої пайки — готується сплавленням соди з чистим білим порошком скла. Отриманий сплав скла і соди розчиняють у воді і в рідкому вигляді використовують як флюс. Рідке скло не можна зберігати в скляних посудинах з притертими пробками — їх потім неможливо відкрити.

Плавокова кислота (фтористоводнева) (рис. 1.9.5, з) застосовується при паянні чавуну міддю і латунню.

М'які припої застосовують для нероз'ємного з'єднання й ущільнення металів при незначних вимогах до міцності й витривалості з'єднання на розтяг і удар, тверді припої — для нероз'ємних і герметичних з'єднань великої міцності й витривалості на розтяг і удари. Припої випускаються у вигляді листа, стрічки, прутків, дроту, сіток, блоків, фольги, зерен, порошоків і паяльної пасти.

З'єднувані деталі повинні бути встановлені у зручне для пайки положення і зафіксовані за допомогою затискного інструмента — *лещат, кліщів, струбцини, пінцета*. Місце пайки рівномірно нагрівають паяльником до робочої температури. Слід стежити за ступенем нагріву поверхні і паяльника. Сильно нагрітий паяльник погано утримує припій. Якщо ж у процесі пайки з'єднувані поверхні були нагріті слабо, спай буде ненадійним. Після досягнення робочої температури спочатку плавиться флюс, а потім припій. Коли весь флюс розплавиться, попередньо нагрітий припій наносять на зазор. При контакті з деталлю, доведеною до робочої температури, припій плавиться і проникає в зазор завдяки явищу капілярності. Надалі паяльний інструмент використовують лише для підтримки робочої температури.

Затискачі слід послаблювати тільки після того, як охолоне припій. Деталь охолоджують на повітрі або зануренням у холодну воду. Після закінчення пайки залишки флюсу (особливо кислотного) необхідно ретельно видалити, тому що вони можуть викликати корозію металу. Зайвий припій за межами паяльно-



Рис. 1.9.8. Приклади лудіння деталей

го шва видаляють за допомогою напилка або шабера. Потрібно дуже обережно поводитися з луженими, оцинкованими листами, щоб при видаленні зайвого припою не пошкодити зовнішній шар олова, цинку або свинцю, інакше листи втрачають стійкість до корозії. Відсутність розплавлення основного металу робить можливим з'єднання пайкою деталей найменших розмірів, а також багаторазове роз'єднання і з'єднання паяних деталей без порушення їх цілісності.

Через те, що основний метал не розплавляється, його структура і механічні властивості залишаються незмінними, відсутня деформація паяних деталей, деталей, витримуються форми і розміри одержуваного виробу. Існують різні способи з'єднання паяних деталей (рис. 1.9.6) та різні прийоми пайки (рис.1.9.7).

Лудіння — це покриття поверхні металевих виробів тонким шаром олова або сплавом на основі олова (рис. 1.9.8).

Цинкування проводять способом холодного електролітичного або гарячого покриття металевих виробів тонким шаром цинку.

Лудіння і цинкування застосовують, наприклад, у слюсарній справі при виробництві побутових виробів, у харчовій промисловості, в будівництві, як засіб захисту від корозії, окислення й утворення хімічних сполук, які руйнують метал і є шкідливими для здоров'я людини.

Для лудіння і цинкування, залежно від деталі та її призначення, потрібно мати чисте олово, цинк або їх сплави, паяльну лампу або газовий пальник, очищаючі засоби, необхідні для знежирення і очищення поверхонь, що піддаються лудінню або цинкуванню, ванни для плавки олова або цинку, обтиральний матеріал і кліщі.

Лудіння здійснюють декількома способами: *гарячим розтиранням, гарячим зануренням і гальванічним шляхом*. Найбільш розповсюджене гаряче лудіння. Для лудіння застосовують низькотемпературні олов'яно-свинцевисті припої. Як флюс використовують хлористий амоній або хлористий цинк.

При лудінні способом гарячого розтирання підготовлені поверхні покривають розчином хлористого цинку і нагрівають, наприклад, паяльними лампами. Потім



Рис. 1.9.7. Різні прийоми пайки



Рис. 1.9.9. Технологічний процес цинкування

вводять олово, яке, стикаючись із нагрітою поверхнею заготовки, плавиться. У цей момент поверхню посипають порошкоподібним нашатирем (хлористим амонієм). Потім рідке олово розтирають рівномірним шаром по всій поверхні. Перед лудінням проводиться підготовка поверхні, вона полягає в очищенні її від бруду, жирів і окислів, що перешкоджають хорошему з'єднанню олова з металом. Що краще буде підготовлена поверхня під покриття, то рівніше і міцніше ляже полуда. Підготовку проводять механічним і хімічним способами.

Механічний спосіб полягає в тому, що поверхню виробу очищають до отримання чистого металічного блиску металевими щітками, шабером, наждачним папером (абразивною шкуркою).

Хімічна підготовка полягає в тому, що метал травлять кислотами з метою надання йому чистого натурального кольору. Поверхні виробів зі сталі, міді, латуні найбільш часто обробляють 20–30-процентним водним розчином сірчаної кислоти протягом 20–30 хв. Мідні й латунні вироби можна травити розчином, що містить 10 % сірчаної кислоти, 5 % калієвого хромпіка і 85 % води. Травлення проводять у ваннах — скляних, металевих, емальованих і ін. Процес травлення таким розчином триває 1–2 хв.

Після закінчення травлення ретельно промивають вироби у холодній воді, потім очищають їх поверхні змоченим піском і промивають у нагрітій до 70–80° С воді.

Підготовлений виріб змащують розчином хлористого цинку і нагрівають до температури, при якій олово, вступивши в контакт з розігрітим виробом, почне плавитися і розтікатися рівномірно по всій поверхні, покриваючи її. Нагрівання відбувається в горнах, краще на деревному вугіллі; можна нагрівати і паяльними лампами.

Коли хлористий цинк закипить на поверхні нагрітого виробу, на неї кладуть полуду. У момент її плавлення виріб посипають порошкоподібним нашатирем і тут же починають розтирати на поверхні ганчірками розплавлене олово, розподіляючи його рівномірним шаром. Коли виріб остигає, його протирають змоченим піском, потім промивають водою і висушують.

Цинковий шар, що контактує із зовнішнім середовищем, стійкий до корозії та впливу агресивних середовищ і повністю захищає основний метал.

Цинкування — це процес металізації поверхні металевих або неметалевих виробів для забезпечення захисту від корозії та пошкоджень, що істотно продовжує їх термін служби (рис. 1.9.9).

Такі метали як залізо, сталь або чавун дуже чутливі до окислення, через що потребують додаткового захисту. Різні фарби та лакофарбові покриття діють недовго і вимагають постійного оновлення, а оцинкований виріб зберігає свої характеристики протягом тридцяти-п'ятдесяти років, що зробило цей метод захисту одним з найпопулярніших у будівельній індустрії та промислового виробництва.

Термін придатності цинкового шару безпосередньо залежить від його товщини та способу нанесення. Так само не варто забувати про дотримання технологічних етапів процесу цинкування.

➤ **Процес цинкування складається з трьох етапів:**

- очищення металевої поверхні. Для того, щоб цинковий шар щільно огорнув основний метал, перед цинкуванням потрібно провести чистку поверхні від бруду та окалини. Для цього використовують метод кислотного травлення;
- відпал. Випалювання виробу надає йому необхідні фізичні та хімічні властивості, потрібні для якісного з'єднання цинку та основного металу;
- третій етап — це безпосереднє нанесення цинку на поверхню виробу. Спосіб цинкування потрібно добирати з урахуванням типу металу та специфіки використання цинкованого виробу надалі.

➤ **Способи цинкування:**

- **холодне цинкування (фарбування)** проводять методом нанесення фарби, що містить цинк — високодисперсний цинковий порошок плюс рідкий сполучний компонент. Співвідношення компонентів може бути від одного до одного, трьох до одного (відсоток порошку повинен становити не менше 90 відсотків) залежно від рекомендацій виробника. Зовнішні умови використання: вологість повітря: 30–95 %; температура повітря 5–40° С. Шар цинкової фарби захищає метал від впливу газів, парів, лугів і кислот. Така фарба вирізняється стійкістю до нафтопродуктів, мастил та води. Метод холодного цинкування часто використовують для відновлення та ремонту виробів, оцинкованих раніше іншими способами, зокрема найчастіше для фарбування труб, елементів залізничних колій, автомобільних деталей, меблевої фурнітури;
- **гаряче цинкування** застосовують у промисловості для металевих виробів середніх розмірів (металевий дріт, труби, негабаритні металоконструкції). Нанесення цинкового шару відбувається у спеціальній ванні розплавленого цинку (460–4800° С), в яку занурюють заздалегідь підготовлену металеву конструкцію. Утворений сплав заліза та цинку надійно захищає поверхню виробу від корозії та впливу зовнішнього середовища. Цей процес вимагає попередньої обробки виробу: знежирення, травлення, промивання, флюсування та сушіння. Попри тривалість і великі енергетичні витрати проведення гарячого цинкування, цей метод є одним з найбільш ефективних та надійних.
- **Гальванічне цинкування** відбувається методом електролізу — металевий виріб разом з цинковою пластиною занурюють у наповнену електролітом ванну.

Після підключення до джерела струму цинковий анод розчиняється та осідає на поверхні виробу. Після цієї операції на металі утворюється тонка плівка цинку, товщиною 20–30 мкм, яка вирізняється блиском, гладкістю та красивим естетичним виглядом. Цей метод підходить для електропровідних і стійких до струму матеріалів. Сучасні норми екологічної безпеки вимагають очищення стічних вод від утворених іонів цинку, що є трудомісткою і дорогою процедурою, тому гальванічний спосіб цинкування більшість виробництв намагаються замінити на простіший варіант. Гальванічне цинкування використовують для зовнішніх і декоративних елементів металоконструкцій, в авто- та машинобудуванні, при виготовленні кованих каплиць, кованих лавок і т.п.

- **Газотермічне цинкування** полягає в нанесенні розплавленого цинку на підготовлену металеву поверхню. Під тиском гарячого газу цинк сплавляється з металом, утворюючи пористий шар. Для створення цілісного покриття використовуються лакофарбові матеріали, які виконують функцію паронаповнювача. Газотермічне цинкування використовують для габаритних металоконструкцій, які неможливо помістити у ванну для здійснення гарячого або гальванічного цинкування. Цей метод забезпечує надійний захист виробу від корозії та впливу агресивних середовищ на кілька десятиліть (у середньому 30 років), не вимагає великих енерговитрат, може проводитися в “польових” умовах, тому є одним з найпопулярніших способів цинкування.
- **Термо-дифузійне цинкування** відбувається на атомному рівні металевої поверхні. Виріб поміщають у спеціальну камеру, заповнену цинковою порошковою сумішшю, де під впливом високої температури (400–4500°С) цинк перетворюється в пару та сплавляється з розігрітою металевою поверхнею, утворюючи залізо-цинковий шар складної фазової структури. Завдяки високій адгезії в результаті утворюється товстий, рівний та безпористий шар цинку (25–110 мкм), що надійно захищає виріб від впливу агресивних середовищ, погодних змін, корозії та пошкоджень. Використовується для цинкування дрібних деталей і невеликих зовнішніх металоконструкцій.

Склеюванням називають нероз’ємне з’єднання деталей виробів шляхом змащування поверхонь деталей речовиною (або сумішшю речовин) — клеєм, їх з’єднання і витримування під деяким навантаженням до затвердіння клею (рис. 1.9.10).



Рис. 1.9.10. Клейове з’єднання

В окремих випадках застосовують підігрів склеєних деталей. Клей є в’язкою речовиною, що має склеюючу здатність. У його складі *наповнювач, затверджувач, розчинник сполучного компонента, пластифікатор*.

Залежно від призначення клею як наповнювач застосовують деревне борошно, подрібнений азбест, порошки металів, їх оксиди. Залежно від затверджувача розрізняють **клеї холодного і гарячого затвердіння**.

➤ Є такі види клеїв:

- білкові, або рослинні (крохмаль, декстрин, гуміарабік, гумовий клей);
- тваринні (кістковий, риб’ячий, казеїновий, мідровий, столярний);
- синтетичні (карбінольні, карбамідні, смоляні та ін.).

У слюсарній справі найбільш поширені синтетичні клеї: фенольні БФ-2, БФ-4, ВК-32–200, ВС-350, епоксидні Ед-5, Ед-6, ВК-32–ел, поліамідні ППФЕ-2/10, МПФ-1, карбі-нульові і поліуретановий ПУ-2. Цими клеями, крім металів, можна склеювати також неметалеві вироби, такі як дерево, скло, кераміку, штучні матеріали, шкіру, тканини папір і т. д.

У слюсарній справі клей використовують насамперед для з'єднання як металевих деталей між собою, так і металевих деталей з неметалевими. Для цього використовують карбінольний клей.

Склеювані поверхні необхідно ретельно очистити механічним способом, потім знежирити авіаційним бензином, бензолом або толуолом. Після знежирення виріб висушують, не торкаючись пальцями поверхонь, призначених для склеювання. З кольорових металів найгірше склеюється мідь, трохи краще — латунь і бронза.



Правила безпеки:

- ➔ приміщення, в яких виконують операції металізації, лудіння, пайки або склеювання, повинні бути добре вентилятованими, оскільки робітник, який їх виконує, стикається з розплавленим металом, кислотами, лугами і парами різних їдких і шкідливих для організму речовин;
- ➔ робітники повинні мати захисний одяг, окуляри та рукавиці;
- ➔ паяльна лампа мусить бути технічно справна;
- ➔ при накачуванні палива не можна створювати високий тиск, не можна також доливати паливо в розігріту лампу;
- ➔ кислоти і луги необхідно тримати в скляних бутлях, а розводити їх потрібно доливаючи кислоти в воду, а не навпаки;
- ➔ на робочому місці не повинно бути ганчірок, розлитої оливи і мастила.

1.10. Припасовувальні операції слюсарної обробки

Пригонка — це обробка деталі по інші для того, щоб виконати з'єднання (рис. 1.10.1).

Припасовувальними операціями у слюсарній справі є: **пригонка, припасування, притирання і доведення**.

Для пригонки необхідно, щоб одна з деталей була абсолютно готовою. По ній ведуть пригін.

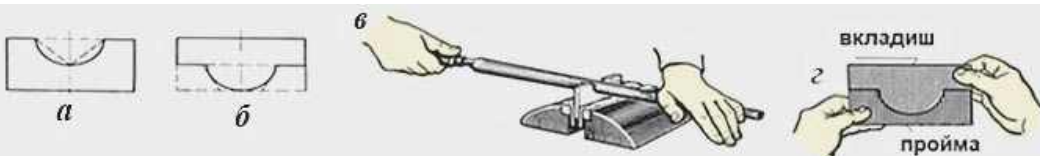


Рис. 1.10.1. Пригонка: а — розмітка; б — підгонка; в — підпилювання; г — перевірка вкладишем

Пригін широко застосовують у ремонтних роботах, а також при складанні одиничних виробів.

Пригонка напилком є однією з найважчих у роботі слюсаря, оскільки обробляти доводиться у важкодоступних місцях. Доцільно цю операцію виконувати борнапилками, шліфувальними борголівками, застосовуючи обпилювально-зачисні верстати.

Гострі ребра і кути поверхні необхідно припилити. Потрібно підганяти деталі доти, поки вони не почнуть входити одна в іншу вільно, без зазору.

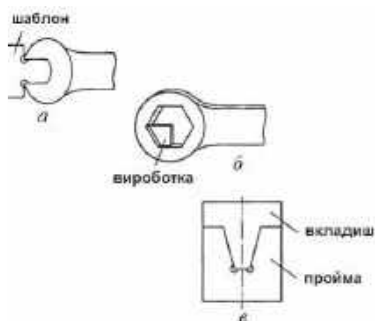


Рис. 1.10.2. Припасування: а — шаблон; б — вироботка; в — вкладиш

Припасуванням називається взаємна пригонка деталей, що сполучаються без зазору (рис. 1.10.2).

(пуансони і матриці). Робочі частини повинні бути припасовані так, щоб при дотиканні припасованих сторін шаблон і контршаблон не мав зазору.

Для припасування використовують напилки з дрібною і дуже дрібною насічкою — № 2, 3, 4 і 5, а також абразивними порошками і пастами.

Притирання — обробка поверхонь виробу притиром, інструментом з м'яких матеріалів зі шліфувальним порошком (рис. 1.10.3).

Якщо з'єднання на просвіт не проглядається, ведуть припилювання по фарбі. Можна і без фарби помітити сліди від тертя однієї поверхні по іншій. Сліди у вигляді блискучих плям показують, що саме ці місця заважають руху однієї деталі по іншій. Ці місця (та сліди фарби) потрібно обпилювати напилком доти, поки деталь не буде остаточно готова.

Після закінчення пригоночних робіт не повинно залишатися гострих ребер і задирок на деталях. Їх згладжують напилком, аби не поранитися. Якість обробки торців і ребер перевіряють, проводячи по них пальцем.

Припасовують замкнуті та напівзамкнуті контури. Припасуванню характерна велика точність обробки. У деталях, що припасовуються, отвір називають **проймою**, а деталь, що входить в пройму, — **вкладишем**. Припасуванню підлягають шаблони, контршаблони, штамповий інструмент

(пуансони і матриці). Робочі частини повинні бути припасовані так, щоб при дотиканні припасованих сторін шаблон і контршаблон не мав зазору.

Для припасування використовують напилки з дрібною і дуже дрібною насічкою — № 2, 3, 4 і 5, а також абразивними порошками і пастами.

За допомогою притиру з оброблюваного виробу видаляється найтонший шар металу (до 0,02 мм). Товщина шару металу, що знімається притиром за один прохід, не перевищує 0,002 мм. Притирання проводять після роботи напилком або шабером для остаточної обробки поверхні виробу і надання йому найбільшої точності. Притирання здійснюють спеціальними інструмен-

Рис. 1.10.3. Притирання



тами — **притирками**. Їх виготовляють із м'якшого матеріалу, ніж оброблювана деталь, завдяки чому абразивні зерна вдавлюються в поверхню притирки й утримуються в ній як невеликі різці у своєрідній оправі. Матеріалами для притирок є чавун, м'яка сталь і скло.

Притирання — це точна чистова обробка. Застосовується для забезпечення щільних, герметичних роз'ємних і рухомих з'єднань (з'єднання деталей кранів, клапанів, які добре утримують рідину і газ).

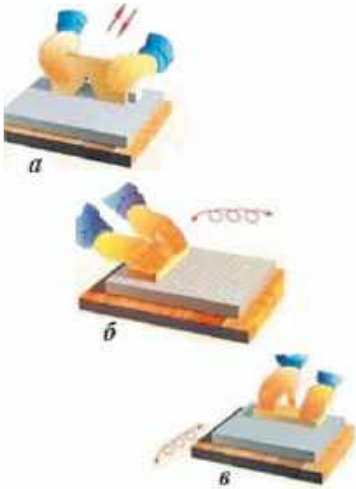


Рис. 1.10.4. Притирання: а — вузьких і тонких деталей; б — попереднє притирання; в — остаточне притирання

Доведення — це різновид притирання. Служить для отримання з високою точністю необхідних форм і шорсткості поверхні та заданих розмірів деталей.

Точність притирання деталей — від 0,001 до 0,002 мм або до повного збігу сполучуваних поверхонь. Припуск на притирання становить 0,01–0,02 мм.

Притирання здійснюють на плиті.

Електрокорунд, наждак (окис алюмінію), карбід кремнію, крокус (окис заліза), окис хрому, віденське вапно, трепел, товчене скло, алмазний пил, пасти ГОІ застосовують як абразив. Змащувальні речовини — *машинна олива, гас, бензин, толуол, спирт*.

При притиранні деталі на притирочну плиту наносять тонкий рівномірний шар змішаного з маслом абразивного порошку. На поверхню плити кладуть деталь і круговими рухами переміщують її по всій плиті до отримання матового або глянцевого (блискучого) вигляду поверхні.

Механічне видалення частинок металу поєднується з хімічними реакціями під час притирання. Оброблювана поверхня під час роботи з абразивними речовинами окислюється під дією абразиву і кисню з повітря. Плівку окисленого металу з поверхні знімають притиром, але поверхня тут же знову окислюється. Метал видаляють доти, поки поверхня не набуде необхідної точності й чистоти обробки (рис. 1.10.4).

Доведення виконують на попередньо відшліфованих поверхнях, з припуском на доведення від 0,01 до 0,02 мм (рис. 1.10.5). Оброблені доведенням поверхні більш довговічні, що є визначальним фактором для вимірювальних та перевірних інструментів і дуже точних деталей.



Рис. 1.10.5. Доведення леза рубанка на притирочних брускях

При підгонці вкладиша за готовим отвором робота зводиться до звичайного обпилювання. При підгонці за великою кількістю поверхонь спочатку обробляють дві пов'язані базові сторони, потім підганяють дві інші до отримання потрібного сполучення. Деталі повинні входити одна в іншу вільно, без зусиль. Якщо виріб на просвіт не проглядається, ведуть припилювання по фарбі. Для притирання або доведення необхідний спеціальний інструмент.

➤ **За формою робочої поверхні ці пристосування діляться на такі типи:**

- притирочний інструмент плоского типу;
- притирочний інструмент з внутрішньою поверхнею циліндричного типу;
- притирочний інструмент із зовнішньою циліндричною поверхнею;
- інструмент конічного типу.



Рис. 1.10.6. Пневматична притиральна машинка для доведення клапанів



Рис. 1.10.7. Комплект для ручного притирання, що складається з чавунних притирів і алмазної пасту різної зернистості



Рис. 1.10.8. Паста ГОІ використовується для доведення металевих, скляних і пластикових поверхонь

Важливою умовою високоякісної обробки поверхонь і отворів, що підганяються, є правильний вибір *ручного та механічного інструмента* (рис. 1.10.6).

Вибираючи матеріал для виготовлення притирочного інструмента, звертають увагу на те, щоб його твердість була значно нижчою, ніж твердість матеріалу виготовлення оброблюваної деталі. Ця вимога обумовлена тим, що абразивний порошок або паста, з використанням яких виконують притирання, могли б утримуватися матеріалом інструмента.

➤ **Найбільш поширеною сировиною для виготовлення таких пристосувань є:**

- сірий чавун;
- мідь;
- свинець;
- сталь м'яких сортів;
- різні породи дерева;
- інші метали і неметалеві матеріали.

Для виконання попередніх і фінішних притирочних операцій використовується інструмент як різноманітної конструкції, так і виготовлений з різних матеріалів. Наприклад, для виконання попередніх операцій, коли використовується абразивний матеріал більшої фракції, застосовується інструмент з більш м'яких матеріалів. На робочій поверхні його попередньо нарізаються канавки для утримання абразиву, глибина яких становить 1–2 мм. Остаточна обробка виробів, що виконується за допомогою

дрібнодисперсного абразиву, здійснюється пристосуванням, робоча поверхня якого абсолютно гладка. Матеріалом виготовлення інструмента для виконання фінішних операцій, переважно служить *чавун*. За допомогою притирочних інструментів, які виготовлені зі *свинцю* і *дерева*, поверхням оброблюваних деталей надається блиск (рис. 1.10.7).

Найбільш відомим різновидом паст, за допомогою яких виконують фінішні притиральні операції, є *паста ГОІ* (рис. 1.10.8).

Шабрування — операція за-вершальної обробки різанням поверхонь, яка полягає в знятті дуже тонких стружок металу шляхом зіскоблювання за допомогою спеціального однолезового слюсарного інструмента — *шабера* (рис. 1.10.9).



Рис. 1.10.9. Шабрування поверхні

Мета цієї операції — підвищення точності форми, розміру, взаємного розташування попередньо обробленої іншими способами поверхні, забезпечення щільного прилягання контактуючих поверхонь і герметичності з'єднання.

➤ **Шабрування застосовують у роботі з:**

- металом — напрямні верстатного обладнання, поверхні підшипників ковзання, пристосувань та інструментів, окремі деталі приладів при ремонті агрегатів і вузлів;
- деревом — потрібні добре заточені моделі певної форми залежно від того, який результат планується отримати: прямокутні, типу «шийка лебедя» тощо;
- пластиком — дає змогу обробляти і зачищати поверхні пластикових виробів різної форми. Широко використовують в інструментальному виробництві як завершальний процес оброблення незагартованих поверхонь.

Для алюмінію та інших м'яких металів на зразок латуні кут загострення робочої частини повинен бути в межах 35–40°, для сталі — 75–90°, для бронзових і чавунних виробів — 90° і більше.

➤ **Широке застосування шабрування пояснюється особливими характеристиками отриманої поверхні:**

- на відміну від шліфованої чи отриманої притиранням абразивами шабрена поверхня стійкіша до спрацювання, оскільки в її порах немає залишків абразивних зерен, які прискорюють процес спрацювання;
- вона краще змочується і довше зберігає мастильні речовини завдяки наявності так званого розбиття цієї поверхні, що також підвищує її зносостійкість і знижує коефіцієнт тертя;
- шабрена поверхня дає змогу використовувати найпростіший і найдоступніший метод оцінки її якості за кількістю плям на одиницю площі. Шабрування дає можливість отримати точність оброблення поверхні від 0,003 до 0,01 мм; за один прохід шабером знімається шар металу завтовшки 0,005–0,07 мм.

Рис. 1.10.10. Різновиди шаберів



Шабери є сталевими смугами або стержнями певної довжини з ретельно заточеними робочими гранями (кінцями) (рис. 1.10.10).

➤ **Класичний плоский шабер залежно від типу виконуваних операцій можна використовувати:**

- для чорнкової (грубої) обробки виробів, під час якої видаляються риски і сліди попередніх маніпуляцій. У цьому випадку застосовується інструмент з кутом загострення різальної частини $70\text{--}75^\circ$ при ширині 20–30 мм, що дозволяє знімати шар в 0,02–0,07 мм;
- для напівчистої обробки підходить інструмент шириною 12–15 мм для видавлення за один прохід мікрорельєфу в 0,01–0,02 мм.

Ріжуча кромка моделей для чистої обробки виконана під кутом 90° при ширині 5–10 мм. Використовується інструмент з кутом загострення $90\text{--}100^\circ$. За кожен прохід знімаються дуже тонкі шари (8–10 мкм) металу.

За конструкцією шабери поділяють на **цілісні** й **складені**; за формою робочої частини — на **плоскі**, **тригранні** й **фасонні**, а за числом різальних кромок — на **однобічні**, що мають зазвичай дерев'яні рукоятки, і **двобічні** без рукояток.

Окрім цілісних шаберів, останнім часом застосовують і змінні складені, що складаються з державки і вставних пластин. Ріжучими лезами таких шаберів можуть служити пластинки інструментальної сталі, твердого сплаву і швидкорізальної сталі. Шабери не стандартизовані. Їх виготовляють з інструментальної вуглецевої сталі У10А і У12А з подальшим загартовуванням.

Плоскі шабери застосовують для шабрування плоских поверхонь — відкритих, пазів, канавок тощо. Їх виготовляють з прямими або відігнутими кінцями. Від-

Рис. 1.10.11. Шабери: а — плоский; б — однобічний; в — двосторонній удосконалений; г — з відігнутим кінцем; д — плоский двобічний; е — три- і чотиригранні





Рис. 1.10.12. Фарбування поверхні під час шабрування: а — фарбування плити тампоном; б — переміщення деталі по плиті; в — фарбована деталь.

криті поверхні шабрують шаберами з прямими кінцями, а стінки пазів, канавок, а також м'які метали (алюміній, цинк) — шаберами з відігнутими кінцями (рис. 1.10.11).

Фарби — суміш машинної оливи з блакиттю, суриком або ультрамарином (синькою). Блакить можна замінити сажею, змішаною з автолом і гасом.

Підготовка до шабрування полягає у фарбуванні оброблюваної поверхні спеціальною фарбою, яку попередньо наносять на перевірну плиту, а потім тертям — на оброблювану поверхню деталі (рис. 1.10.12).

➤ **Правила шабрування:**

- перед початком роботи необхідно перевірити: 1) поверхні, що підлягають шабруванню на площинність, взаємне розміщення і якість обробки, за необхідності зачистити; 2) заточку і заправку шаберів, при необхідності шабер заправити на бруску; 3) фарбу для фарбування перевірної плити — у ній не повинно бути твердих включень і сухих крупинок; 4) стан перевірної плити на відсутність подряпин і забоїв;
- необхідно строго дотримуватися основного правила шабрування плоскої поверхні: спочатку заготовку необхідно «посадити» на плиту (при цьому великі плями повинні рівномірно розташовуватися на усій площі поверхні заготовки, особливо скраю), а потім виконувати шабрування до визначеної якості;
- фарбування поверхні. Треба рівномірно наносити фарбу на поверхню плити, зменшуючи товщину її шару у процесі шабрування;
- шабрування заготовки розміром більше 100×100×100 треба виконувати на стільниці верстака на дерев'яному бруску, закріплюючи заготовку на ньому упорними штифтами. При закріпленні заготовок менших розмірів в лещатах необхідно бути дуже обережним і використати дерев'яні прокладки під губки лещат, щоб уникнути викривлення заготовки;
- шабрування необхідно здійснювати добре заточеним і заправленим шабером, регулярно заправляючи його в процесі роботи;
- при шабруванні поверхні заготовки кожен прохід треба виконувати у різних напрямках, як правило, у три етапи: спочатку — грубе, потім — попереднє і нарешті — остаточне.

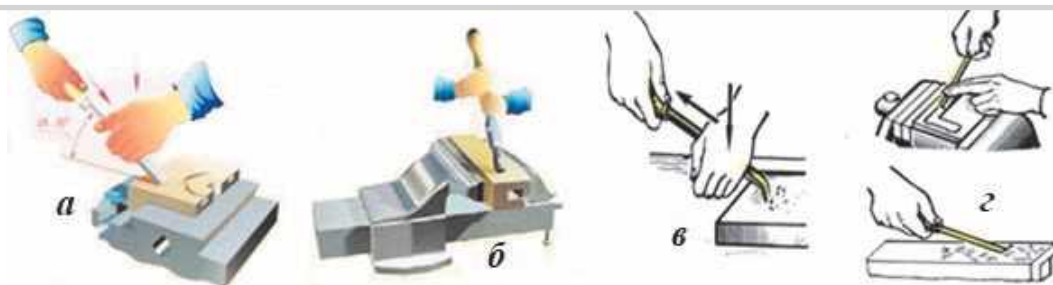


Рис. 1.10.13. Прийоми шабрування плоских деталей: а — «від себе»; б — «на себе»; в — розміщених під кутом; г — при оздоблювальних операціях

На завершення поверхню деталі очищують щіткою і ретельно витирають сухою чистою ганчіркою. Шабрування в різних напрямках чергують з перевіркою на контрольній плиті доти, поки вся оброблювана поверхня буде рівномірно зафарбована (рис. 1.10.13).

Штрихи від шабрування повинні бути розташовані в шаховому порядку. Точність шабрування перевіряють за допомогою контрольної рамки на трьох-чотирьох ділянках поверхні.

Шабрування закінчують з появою 12–16 плям фарби з рівномірним їх розподілом на внутрішній площі контрольної рамки розміром 25×25 мм. Залежно від точності шабери мають ширину: для грубого попереднього шабрування — 20–30 мм, для чистого шабрування — 10–15, для точного — 5–15 мм.



Правила безпеки при шабруванні:

- ➔ оброблювана деталь повинна бути надійно встановлена і міцно закріплена;
- ➔ не допускається робота несправними шаберами (без ручок або з тріснутими ручками);
- ➔ при виконанні робіт шліфувальними головками необхідно дотримуватися правил електробезпеки.

Дефекти при шабруванні:

- пофарбування лише середини або краю;
- блискучі смуги;
- нерівномірне розміщення;
- глибокі западини.



Правила безпеки при притиранні та доведенні:

- ➔ оброблювану поверхню чистити не рукою, а ганчіркою;
- ➔ користуватися захисними пристроями для відсмоктування абразивного пилу;

- ➔ обережно поводитися з пастами, оскільки вони містять кислоти;
- ➔ надійно і міцно встановлювати притири;
- ➔ дотримуватися техніки безпеки у процесі роботи механізованим інструментом, а також на верстатах.

➤ **Контроль якості доводочних і притирочних робіт:**

- після доводки поверхні її перевіряють на фарбу (добре доведена поверхня розподіляє фарбу рівномірно);
- паралельність перевіряють мікрометром;
- заданий профіль перевіряють лекалами, шаблонами, кути — кутомірами.

Дефекти при доводочних і притирочних робіт:

- не гладенька й не чиста поверхня;
- неточність розмірів;
- спотворення геометричної форми;
- жолоблення тонких деталей.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ

2.1. Загальні відомості про технологічний процес складання

Одиничне виробництво характеризується виготовленням кожного виробу в одному або декількох екземплярах, причому факт повторного виготовлення цих виробів буває дуже рідкісним або взагалі відсутній (рис. 2.1.1, а).

Залежно від масштабу виробничої діяльності й номенклатури виробів у будь-якому виробництві розрізняють три типи виробництва: **одиничне, серійне** і **масове**.

➤ **Основними особливостями одиничного виробництва є:**

- застосування універсальних верстатів загального призначення;
- використання універсальних пристосувань і нормальних інструментів;
- установка й обробка деталей переважно за розміткою;
- пригоночні роботи при складанні;
- висока кваліфікація працівників;
- висока собівартість продукції в порівнянні з іншими видами виробництва.

Серійне виробництво характеризується виготовленням однакових за конструкцією і розмірами виробів партіями (серіями) від 5–10 до декількох тисяч штук на рік з менш різноманітною номенклатурою виготовлених виробів (рис. 2.1.1, б).

Залежно від кількості виробів у серії, їх розмірів і трудомісткості розрізняють три різновиди серійного виробництва: **дрібносерійне; середньосерійне; великосерійне**.

➤ **Основними особливостями серійного виробництва є:**

- застосування універсального обладнання та спеціалізованих верстатів для виготовлення основних деталей машин;
- використання спеціальних верстатних і складальних пристосувань і спеціальних різальних і вимірювальних інструментів;
- дотримання принципу взаємозамінності;

Рис. 2.1.1. Типи виробництва:
а — одиничне;
б — серійне;
в — масове



а



б



в

- середня кваліфікація робітників;
- собівартість продукції нижча, ніж при одиничному виробництві.

Масове виробництво характеризується великою кількістю випуску однакових виробів — від декількох тисяч до мільйонів штук на рік і більш вузькою номенклатурою виробів, ніж у серійному виробництві (рис. 2.1.1, в).



Основними особливостями масового типу виробництва є:

- різко виражена спеціалізація підприємства, випускаються вироби тільки одного типу і навіть одного типорозміру;
- широке застосування високопродуктивних верстатів для виконання однієї будь-якої операції над певною деталлю, а також автоматів та автоматичних ліній;
- дуже широке застосування спеціальних пристосувань, інструментів і автоматичних вимірювальних пристроїв;
- закріплення за кожним робочим місцем однієї постійно повторюваної операції;
- суворе дотримання принципу взаємозамінності;
- невисока кваліфікація робітників на операційних верстатах і висока кваліфікація наладчиків;
- низька собівартість продукції.

Щоб забезпечити високопродуктивний процес виготовлення виробу, необхідно визначити порядок обробки, а також потребу в обладнанні, інструментах і пристосуваннях, необхідних для роботи.

Основна частина виробничого процесу, яка пов'язана з послідовною зміною форми, розмірів або властивостей матеріалу для перетворення його в готовий виріб, називається **технологічним процесом**.

Технологічний процес передбачає час, місце і послідовність здійснення робітником тих чи тих дій з обробки деталей; види обладнання та інструмента, за допомогою яких повинна проводитися обробка, види, кількість і якість оброблюваних матеріалів. Правильно організованим технологічним процесом вважається той, який передбачає прогресивну технологію, застосування передової техніки і передових методів праці, розробку документації з метою зменшення трудомісткості виготовлення і складання виробів. Основним елементом технологічного процесу механічної обробки є **операція**.

Операція — це закінчена частина технологічного процесу обробки деталі, яку виконує один робітник (або бригада робітників) на одному робочому місці.

В одиничному виробництві обробку виконує один робітник на одному робочому місці, яка планується і враховується як одна операція. Така ж робота у великосерійному і масовому виробництві розділяється на цілий ряд дрібних самостійних операцій, виконуваних різними робітниками на різних робочих місцях. Що більша і складніша операція, то нижчою повинна бути продуктивність праці і вищою — кваліфікація робітників. При розподілі великої операції на дрібні продуктивність праці стає вищою, а вар-

тість обробки знижується. Поділ великих операцій дає змогу використовувати пристосування, що підвищують продуктивність праці та якість обробки.

Операція може виконуватися за одну або кілька установок деталі.

Установкою називають частину операції, виконуваної при одному закріпленні деталі. Наприклад, обпилювання деталі з одного боку, а потім, після перестановки і закріплення, — з іншого боку, є однією операцією, виконаною за дві установки.

Позицією називається кожне з різних положень деталі щодо верстата і різального інструмента при одній її установці (не рахуючи переміщень, пов'язаних з робочими рухами деталі або інструмента). Операція може бути виконана за один або кілька переходів.

Переходом називається частина операції з обробки однієї поверхні (або декількох одночасно), виконувана без зміни різального інструмента і режиму роботи верстата. Обпилювання площини будь-якого виробу спочатку напилком з великою насічкою, а потім з більш дрібною складе два переходи. Одночасне свердління і зенкерування отворів є також одним переходом.

Проходом називається частина переходу, що охоплює всі дії, пов'язані зі зняттям одного шару металу без зміни інструмента, поверхні обробки і режиму різання верстата.

Прийомом називають закінчену дію робітника з-поміж необхідних для виконання операції або її підготовки — наприклад, установка і зняття деталі, її вимірювання, пуск і зупинка верстата.

Найменша можлива за часом частина робочого прийому, яка є окремим, але закінченим рухом робітника, називається **елементом прийому**.

Сукупність дій складальника з установки і з'єднання у визначеній послідовності окремих деталей і вузлів для отримання готового виробу або його частини називається **складанням**, або **складальним процесом**.

Послідовність виконання складальних робіт визначається конструкцією виробу і залежить від організації, обсягу і характеру виробництва. Основою для складання вузла, блоку або виробу є **базова деталь** — плата, рама, каркас, шасі. Відповідно до розподілу виробів на групи, підгрупи і вузли розрізняють **загальне і вузлове складання**.

Загальне складання — частина технологічного процесу складання, під час якої відбувається фіксація складових груп, підгруп і вузлів у готовий виріб.

Вузлове складання — частина технологічного процесу складання з метою утворення груп, підгруп і вузлів, що входять у певний виріб, відповідно до вимог, які ставляться до них.

При складанні виробів і приладів не тільки здійснюється просте з'єднання деталей, але і виконуються певні зв'язки таким чином, щоб виріб або його елементи відповідали технічним умовам.

Складання є останнім етапом виготовлення виробу. Його трудомісткість становить 30–70% загальної трудомісткості виготовлення виробу (рис. 2.1.2).

➤ **Деталі, складальні вузли і вироби, призначені для збирання, повинні задовільняти такі вимоги:**

- деталі, що входять у складальні вузли і виріб, повинні бути технологічними і мати просту конфігурацію;

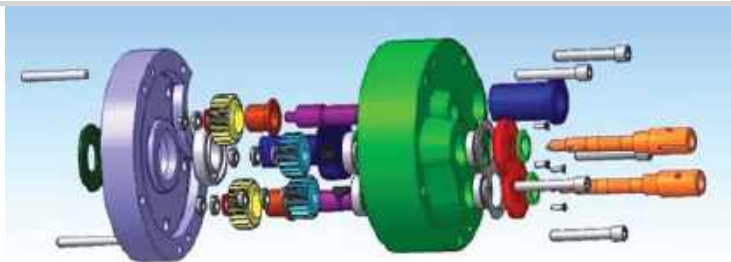


Рис. 2.1.3. Складальні одиниці

- поверхня сполучення деталей і складальних вузлів повинна служити установочною базою, бо в цьому випадку похибка взаємного розташування деталей, що складаються, буде найменшою;
- конструкція виробу мусить мати найменшу кількість кріпильних деталей і складатися з мінімальної кількості деталей і вузлів;
- складні вироби, що складаються з великої кількості вузлів, повинні будуватися за функціонально-блоковою ознакою;
- поверхні сполучених деталей і складальних вузлів мусять відповідати вимогам шорсткості, щоб не було заїдання деталей при їх переміщенні у процесі експлуатації;
- конструкція виробу, що складається, повинна мати максимум уніфікованих деталей і вузлів.

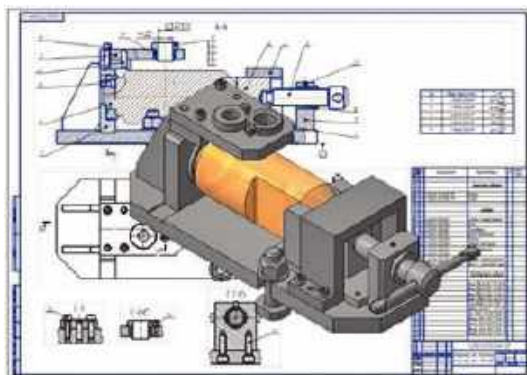


Рис. 2.1.2. Пристосування в зборі (креслення і зібраний виріб)

У процесі складання з окремих деталей утворюють **складальні одиниці** (рис. 2.1.3).

Окремі складальні одиниці можуть брати участь у створенні нових складальних одиниць, які будуть називатися складальними одиницями другого або наступного вищого порядку. Наприклад, складальна одиниця другого порядку може своєю чергою входити в складальну одиницю третього порядку.

Найпростішою складальною одиницею є **вузол**, що складається з двох або декількох деталей, з'єднаних між собою. При складанні кількох виробів в один з'єднують велику кількість вузлів і деталей. При цьому в деякі складні вузли входять не тільки деталі, але і менш складні вузли. Щоб полегшити розробку технологічного процесу складання, прийнято складні вузли іменувати **підгрупами і групами**. Кількість підгруп (або груп), які використовуються при складанні виробу, визначається його складністю.



Рис. 2.1.4. Типовий технологічний процес складання ротора

Складання особливо складних виробів здійснюється у процесі *загального складання*.

Технологічний процес складання виробів формується зі *складальних операцій і переходів*.

Складальна операція — частина технологічного процесу складання, яка виконується над одним вузлом або виробом на одному робочому місці одним робітником або групою виробничо пов'язаних між собою робітників.

Частина складальної операції, яка виконується над одним певним з'єднанням за допомогою одного інструмента, називається **переходом**.

Перехід підрозділяється на **прийоми** і **рухи**. Окрему дію робітника у процесі складання вузла або виробу називають **прийомом**, а окрема неподільна частина прийому називається **рухом**.

Прийоми і рухи технологічною документацією не регламентуються, а виконуються кожним робітником по-своєму залежно від досвіду та кваліфікації.

Виробництву складальних операцій передують розробка технологічного процесу складання, тобто визначення способів збирання вузлів різного порядку і встановлення черговості виконання окремих операцій. Приступаючи до складання технологічної схеми складання, зазвичай визначають базову деталь або базовий вузол, з якого і починають складання (рис. 2.1.4).

Складання виробів здійснюють на підставі **технічної документації**, основними видами якої є **складальні креслення виробу, операційні технологічні карти** та **виробничі інструкції**.

Складальне креслення виробу або окремої складальної одиниці є зображенням виробу або вузла з необхідними проекціями і розрізами (рис. 2.1.5). У специфікації складального креслення перераховуються всі деталі та складальні одиниці нижчих порядків, що входять в дану збірку. Там же наводяться дані про матеріали, що використовуються при складанні, комплектуючі вироби, які надходять на підприємство з інших підприємств, а також про інструмент і пристосування.

Операційні технологічні карти визначають послідовність виконання окремих складальних операцій і містять дані про використовуване у процесі складання необхідне оснащення, інструменти, обладнання. Тут же подані технічні вказівки щодо виконання основних контрольних операцій і засобів контролю. В операційній карті вказані норми часу на виконання кожної операції і розряд робітника.

Виробничі інструкції розробляють на виконання окремих складних операцій із застосуванням спеціального технологічного обладнання.

Для забезпечення високої якості виробу або вузла, одержуваного в результаті складання, весь складальний процес треба виконувати відповідно до **технічної документації**.



Рис. 2.1.6. Уніфікований верстак слюсаря-складальника

Продуктивність праці та якість виготовлених виробів багато в чому залежать від правильної організації робочого місця слюсаря-складальника і його технічного обладнання.

Робоче місце слюсаря-складальника повинно бути оснащено пристроями (верстаком, стільцем, шафою або стелажем), необхідними для високопродуктивної роботи.

Верстак мусить бути зручним і мати достатню міцність і стійкість, що унеможливають його зміщення і вібрацію в процесі роботи. Уніфікований верстак (рис. 2.1.6) має полиці-стелажі для зберігання інструмента, деталей і матеріалів; електрощиток для підключення інструмента і електропаяльника;

штуцер для підключення до лінії стисненого повітря; хорошу місцеву витяжну вентиляцію; зручне освітлення і підставку для ніг.

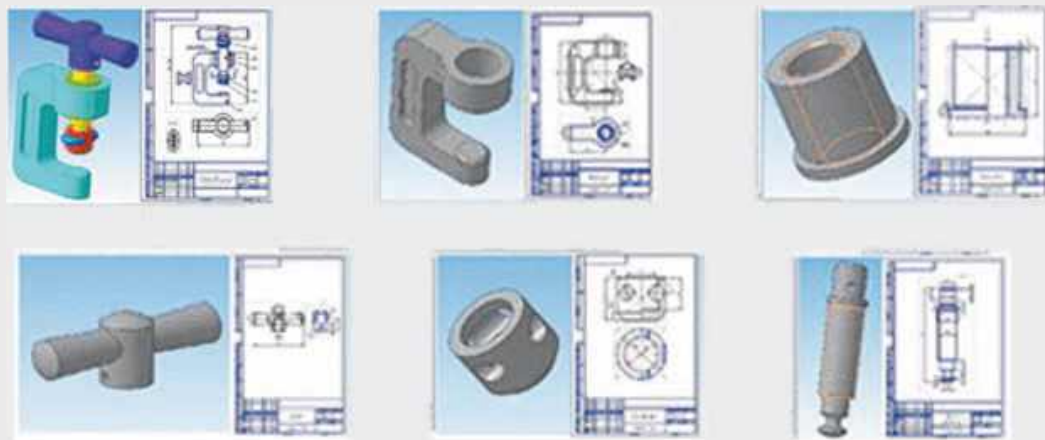
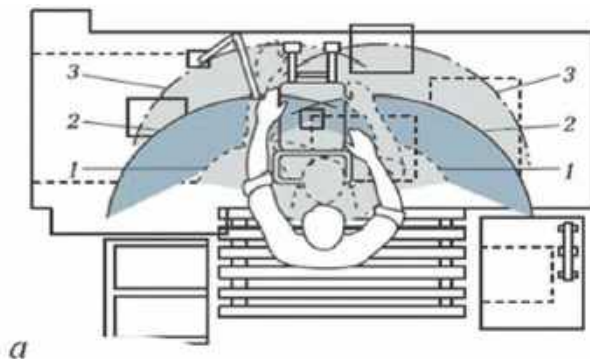


Рис. 2.1.5. Складальне креслення виробу

Рис. 2.1.7. Розташування зручних і незручних зон на робочому місці: а, б — на верстаті: 1, А — зручне; 2, Б — менш зручне; 3, В — незручне; в — зручні та незручні зони доступу по висоті; на стелажах



Для зберігання, транспортування матеріалів, деталей, вузлів та інших заготовок на робочому місці збирача використовують уніфіковану тару і стелажі.

Правильна організація робочого місця передбачає також оснащення його найбільш раціональним і високопродуктивним інструментом. Інструмент і пристосування повинні бути розташовані в порядку, відповідному черговості їх використання при складанні. Зібраний вузол або прилад повинен бути на спеціальній складальній стійці, яку можна швидко повертати і закріплювати у потрібному положенні (рис. 2.1.7).

Організація місця слюсаря-складальника багато в чому визначається характером виробництва. При великосерійному і масовому виробництві робоче місце збирача розташовується поруч із конвеєром потокової лінії.

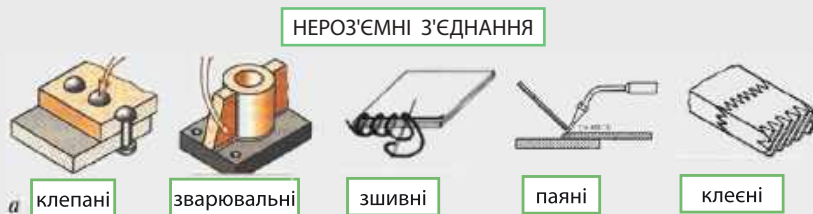
Технологічний процес складання будь-яких виробів пов'язаний з виконанням значної кількості різного роду з'єднань.

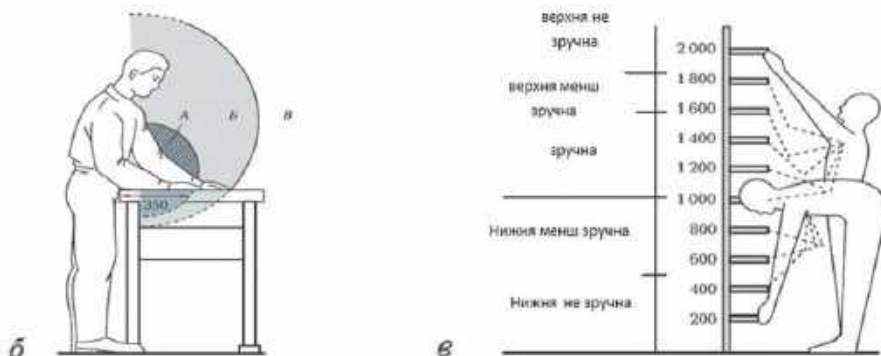
З'єднання бувають **нерухомі** та **рухомі**. **Нерухомі з'єднання** забезпечують сталість взаємного розташування з'єднуваних елементів конструкції, **рухомі** — переміщення одного елемента конструкції відносно іншого в заданих межах.

Названі дві групи з'єднань своєю чергою поділяються на **роз'ємні** і **нероз'ємні**.

Нероз'ємні з'єднання не призначені для розбирання частин конструкції і не можуть бути роз'єднані без руйнування хоча б однієї зі сполучених деталей (рис. 2.1.8, а). **Роз'ємні з'єднання** можна розбирати без руйнування з'єднаних деталей (рис. 2.1.8, б).

Рис. 2.1.8. З'єднання: а — нероз'ємні; б — роз'ємні





Таким чином, усі з'єднання, які застосовують при складанні, можна поділити на: **нерухомі нероз'ємні; нерухомі роз'ємні; рухомі роз'ємні; рухомі нероз'ємні.**

Нерухомі нероз'ємні з'єднання виконують зварюванням, пайкою, клепою, посадками в натяг, склеюванням, заливанням металом, запресовуванням пластмасою.

Нерухомі роз'ємні з'єднання здійснюють гвинтами, болтами, шпильками, штифтами, шплінтами і пресовими посадками.

Рухомі роз'ємні і нероз'ємні з'єднання забезпечують посадками на конічних, циліндричних, сферичних, гвинтовим і плоских поверхнях.

Для передачі руху в машинах використовують велику групу деталей, до яких належать **вали, осі, опори, підшипники, шпонки.**



Рис. 2.1.9. Вали та осі

Вали призначені для передавання обертального руху, а **осі** тільки підтримують обертові частини механізму. Тому осі працюють тільки на згин, а вали — на згин і на скручування (рис. 2.1.9).

Вали можуть бути як *прямі*, так і *колінчасті* (наприклад, у двигунах тракторів, автомобілів та в інших машинах).

Частини вала, якими він опирається на підшипники, називаються **опорними**.

Деталі, які підтримують вали, називаються **підшипниками (ковзання або кочення).**





Рис. 2.1.10. Підшипники:
а — ковзання; б — кочення

Підшипники ковзання (рис. 2.1.10, а) складаються з корпусу, вкладиша, прокладок та болтів. У підшипниках ковзання на тертя витрачається роботи у 5–10 разів більше, ніж у підшипниках кочення. Для змащування підшипників ковзання витрачається також більше мастила, а догляд за ними у порівнянні з доглядом за підшипниками кочення — складніший.

Підшипники кочення бувають шарикові (рис. 2.1.10, б) й роликові. Своєю чергою, залежно від призначення, шарикові підшипники бувають радіальні, упорні, радіально-упорні тощо, а роликові — з циліндричними й конічними роликами.

Шпонки призначені для закріплення на валах шківів, зубчастих коліс, муфт та інших деталей (рис. 2.1.11). Є декілька конструкцій шпонок. Найчастіше застосовуються призматичні шпонки. Призматична шпонка являє собою прямокутний стержень, частина якого заходить у паз деталі, а частина — в канавку вала, скріплюючи таким чином деталь з валом.

➤ **Правильна підготовка деталей до складання прискорює сам процес складання і покращує його якість:**

- Заклепувальні і болтові з'єднання повинні забезпечувати надійне і щільне з'єднання зібраних деталей. Для цього треба використовувати добре і правильно виготовлені деталі (заклепки, болти, гайки, шайби), ретельно виконувати підготовчі та основні операції, використовувати для виконання цих операцій відповідний справний інструмент.
- Осі і вали повинні бути виконані відповідно до креслень.

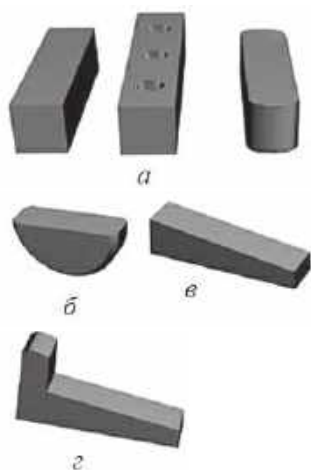


Рис. 2.1.11. Види шпонок:
а — призматичні; б — сегментні; в — клинові;
г — спеціальні

- Цапфи підшипників повинні бути виконані відповідно до встановленого допуску і величини допустимої шорсткості, зазначеними на кресленні; не повинно бути радіального й осьового люфту.

- Змонтовані на валу підшипники кочення не повинні мати люфту і тріщин в обоймах. Обов'язково треба витримати співвісність підшипників.

- Підшипники ковзання повинні бути виконані та підігнані шаблоном таким чином, щоб підшипник усією внутрішньою поверхнею прилягав до поверхні цапфи, а всією зовнішньою поверхнею — до поверхні гнізда в корпусі.

- Отвори й канавки для змащення потрібно виконувати строго відповідно до креслення так, щоб мастило надійно і постійно надходило в підшипники.

Вимоги до складальних з'єднань в основному визначаються їх функціональним призначенням та умовами експлуатації.

2.2. Види передач механізмів і машин

2.2.1. Загальні відомості про передачі руху

На верстатах і обладнанні застосовують механічні, електромеханічні, гідравлічні, пневматичні та електричні приводи, тобто пристрої, що складаються з двигуна і передавального механізму (передачі).

Передача — пристрій, головна функція якого полягає у передачі енергії на відстань.

Механічною передачею називається механізм, який перетворює параметри руху джерела енергії (двигуна) при передачі виконавчим органом. У цьому випадку передача здійснює узгодження параметрів руху двигуна і виконавчого робочого органу.

Залежно від способу передавання енергії передачі можуть бути: **механічні, електричні, пневматичні, гідравлічні**.

Для зменшення габаритів і вартості усі сучасні двигуни виготовляють швидкохідними з досить вузьким діапазоном зміни кутових швидкостей. Швидкохідний вал двигуна дуже рідко безпосередньо з'єднують з валом машини (вентилятори). В абсолютній більшості випадків режим роботи машини не збігається з режимом роботи двигуна, тому передача механічної енергії від двигуна до робочого органу машини здійснюється за допомогою різних передач.

➤ **Розрізняють такі типи механічних передач:**

- зубчасті (циліндричні, конічні);
- гвинтові (гвинтові, черв'ячні, гіпоідні);
- з гнучкими елементами (ремінні, ланцюгові);
- фрикційні (унаслідок тертя застосовують у поганих умовах роботи).

➤ **За способом передачі руху бувають:**

- передачі, у яких рух з валу на вал передається внаслідок сил тертя (фрикційні, пасові, черв'ячні);
- передачі, у яких рух передається зачепленням (зубчасті, ланцюгові, гвинтові, з зубчастими ременями, черв'ячні);
- передачі обертального руху;
- передачі прямолінійного руху;
- передачі для здійснення рухів ланок;
- передачі за заданими законами зміни швидкості або заданої траєкторії.

➤ **Передачі класифікують за:**

- принципом дії: передачі зачепленням, передачі тертям, передачі з одночасним використанням зачеплення і тертя (зубчато-ремінні). Передачі зачепленням мо-

жуть здійснюватися безпосереднім контактом тіл кочення (фрикційні) з гнучким зв'язком — пасом;

- зміною кутової швидкості: передачі, що збільшують швидкість руху ланок (мультиплікатори) і передачі, що зменшують швидкість руху ланок (редуктори);
- зміною передавального відношення: передачі з постійним передавальним відношенням, передачі зі ступеневим передавальним відношенням (коробки швидкостей) і передачі з плавною зміною передавального відношення (варіатори);
- напрямком обертання: передачі з постійним напрямком обертання і передачі зі змінним напрямком обертання;
- часом дії: передачі одноразового використання, передачі короточасної періодичної дії і передачі з великими термінами роботи;
- числом потоків переданої потужності: передачі одно- і багатопотокові.
- числом ступенів, у яких відбувається зміна передавального відношення: передачі одно- і багатоступеневі.

➤ Для перетворення видів руху використовують:

- передачі, які перетворюють обертальний рух у поступальний прямолінійний (гвинтові та інші механізми);
- передачі, які перетворюють обертальний рух у коливальний (важільні та інші механізми);
- передачі, які перетворюють обертальний рух одночасно в коливальний і зворотно-поступальний (передачі типу качалка – тяга і кривошипно-шатунні механізми);
- передачі, які перетворюють зворотно-поступальний рух в обертальний (шатунно-кривошипні та інші механізми).

Серед передач, призначених для перетворення обертального руху в поступальний, найбільш поширені передачі типу гвинт-гайка.

Для здійснення руху за заданим законом зміни швидкості або за складною траєкторією найбільш широко застосовують кулачкові, важільні та клапанні механізми.

Незалежно від типу і конструкції в будь-якої механічної передачі можна виділити два вали, які називають у напрямку передачі потужності *вхідним (ведучим)* і *вихідним (веденим)*. Цим валам приписують **основні параметри** — потужність P (кВт) і частота обертання n (хв⁻¹).

До похідних параметрів належать: передавальне число, коефіцієнт корисної дії, кутову швидкість обертання валу (рад/с), крутний момент, $H \cdot m$.

➤ Залежно від співвідношення параметрів вхідного і вихідного валів передачі поділяються на:

- редуктори (понижувальні передачі) — від вхідного валу до вихідного зменшують частоту обертання ($n_1 > n_2$) і збільшують крутний момент ($T_1 < T_2$);
- мультиплікатори (підвищувальні передачі) — від вхідного валу до вихідного збільшують частоту обертання ($n_1 < n_2$) і зменшують крутний момент ($T_1 > T_2$).

➤ **За характером руху валів розрізняють:**

- прості передачі, в яких вали обертаються лише навколо своїх осей, а осі валів і пов'язані з ними деталі залишаються у просторі нерухомими;
- планетарні передачі, в яких осі та пов'язані з ними деталі (сателіти) рухаються у просторі. Різновидом планетарних передач є *хвильові* передачі.

➤ **За рухливістю осей і валів розрізняють:**

- передачі з нерухомими осями валів — рядові (коробки швидкостей, редуктори);
- передачі з рухомими осями валів (планетарні передачі, варіатори з поворотними роликами).

За кількістю ступенів (тобто взаємопов'язаних окремих передач, що одночасно беруть участь у передачі й перетворенні руху) розрізняють *одноступеневі* і *багатоступеневі* передачі.

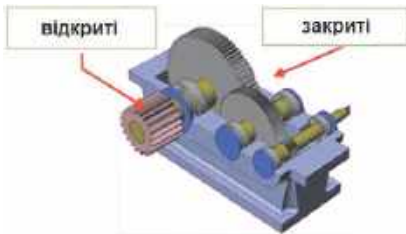


Рис. 2.2.1. Конструктивне оформлення передач

➤ **За конструктивним оформленням:**

- відкриті — не мають спільного корпусу, що закриває їх;
- напівзакриті — змонтовані в легкий захисний кожух, який не виконує силових функцій;
- закриті — розміщені в загальному міцному, жорсткому корпусі, що об'єднує всі підшипникові вузли і виконує герметизацію і постійне змащення передачі (рис. 2.2.1).

2.2.2. Передачі з зубчастим зачепленням

Зубчаста передача — механізм, що має два зубчасті колеса, які можуть повертатися навколо осей і одне зубчасте колесо повертає інше за допомогою послідовної дії зубців, які перебувають у безпосередньому контакті (рис. 2.2.2).

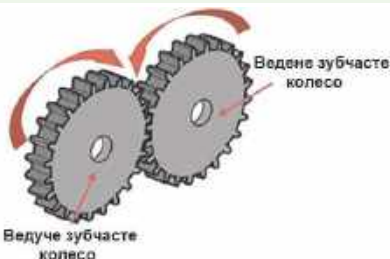


Рис. 2.2.2. Зубчаста передача

➤ **Зубчасті передачі призначені для:**

- передачі обертального руху між валами, які можуть мати паралельні, пересічні або перехресні осі;
- перетворення обертального руху в поступальний і навпаки (передача «рейка – шестерня»).

Зубчасте колесо передачі з меншим числом зубів називається **шестернею**, а зубчасте колесо з великим числом зубів — **колесом**.

➤ **За розташуванням валів зубчасті передачі класифікують на:**

- передачі з паралельними осями (циліндричні з внутрішнім і зовнішнім зачепленнями);
- передачі з пересічними осями (конічні);

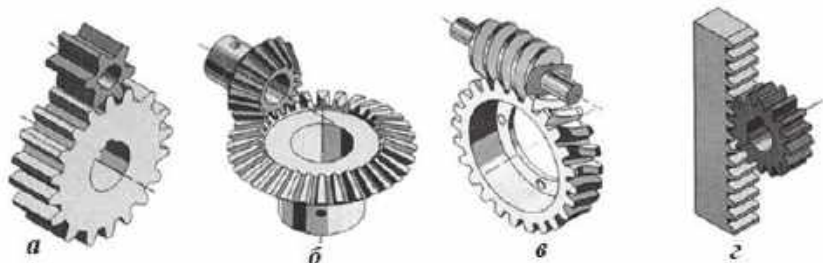


Рис. 2.2.3. Приклади зубчастих передач: а — осі коліс не перетинаються (циліндрична прямозуба передача); б — осі коліс перетинаються (конічна прямозуба передача); в — перехресні осі коліс (черв'ячна передача); г — рейкова передача

- передачі з перехресними осями (рейка – шестерня) (рис. 2.2.3).

➤ **Зубчасті передачі класифікують:**

За величиною колової швидкості коліс:

- тихохідні передачі — колова швидкість у точці зачеплення не перевищує 3 м/с;
- середньошвидкісні передачі — колова швидкість у межах від 4 до 15 м/с;
- швидкохідні передачі — колова швидкість перевищує 15 м/с.

Величину колової швидкості необхідно враховувати при проєктуванні. Так, для високошвидкісних передач потрібна підвищена точність виготовлення деталей, застосування вузьких зубчастих коліс, облік додаткових динамічних навантажень, що виникають від удару зубів.

За призначенням: силові та кінематичні зубчасті передачі.

За взаємним розташуванням валів: зубчасті передачі з паралельними, з пересічними та з перехресними осями.

За видом зубів: передачі з прямими, косими, шевронними і гвинтовими зубами.



Рис. 2.2.4. Різновид зубчастих передач: а — зовнішнього зачеплення; б — внутрішнього зачеплення

За формою кривої, що утворює робочу ділянку профілю зуба:

- передачі з евольвентним профілем зуба;
- передачі з профілем зуба, утвореним дугами кіл;
- передачі з трикутним профілем зуба.

За способом зачеплення:

- передачі зовнішнього зачеплення, внутрішнього зачеплення (рис. 2.2.4);
- передачі, що складаються з зубчастого колеса із зовнішніми зубами і рейки.

За характером відносного руху зубчастих коліс: прості й планетарні передачі.

Рис. 2.2.5. Типи зубчатих шестерень: а — циліндрична прямозуба; б — циліндрична косозуба; в — шевронна; г — гвинтова черв'ячна; д — секторна; е — конічна; є — зубчаста рейка; ж — зірка; з — коронна



Планетарна передача — зубчаста передача, у якій геометричні осі одного або декількох зубчатих коліс (сателітів), що підтримуються водилом рухаються по концентричній відносно центрального колеса траєкторії.

Планетарні передачі з одним ступенем свободи називають **звичайними** (типовими), планетарні передачі з двома ступенями свободи називають **диференціалами**.

Хвильові передачі за принципом дії можна розділити на *фрикційні, зубчасті та гвинтові*.

Найбільше поширення мають перші три типи передач: *циліндричні, конічні й черв'ячні*. Їх вико-

ристовують у більшості машин для узгодження руху при потужностях до 100 МВт і колових швидкостях до 200 м/с.

Циліндричні зубчасті колеса (рис. 2.2.5, а) бувають із зовнішнім та внутрішнім зачепленням. Залежно від кута нахилу зубів виготовляють прямозубі та косозубі колеса.

Косозубі циліндричні передачі (рис. 2.2.5, б) нарізуються тим же різальним інструментом, на тих же верстатах, за тією ж технологією, що і прямозубі. При цьому заготовку повертають на кут, тому зуби розташовуються не по твірній діляльного циліндра, а під кутом до неї.

Зі збільшенням кута β підвищується міцність косозубих передач. Унаслідок нахилу зубів виходить колесо більшого розміру, відповідно — при однаковому навантаженні зменшуються габарити передачі. Тому в сучасних передачах переважно поширені косозубі колеса.

На відміну від прямих, у яких навантаження на зуби прикладається миттєво, косі зуби входять у зачеплення не відразу на всій довжині, а поступово. Косозубе колесо не має зони однопарного зачеплення. Це визначає плавність роботи косозубого зачеплення, зниження шуму і додаткових динамічних навантажень у порівнянні з прямозубим зачепленням.

Однак у косозубих передачах з'являється додаткова осьова сила, спрямована уздовж осі вала, що створює додаткове навантаження на опори. Для зменшення цієї сили обмежують кут нахилу 8...20°, застосовують редуктори з роздвоєною сходинкою. Цей недолік не властивий для шевронних передач (рис. 2.2.5, в).

Конічні зубчасті передачі (рис. 2.2.5, е) використовують у тих випадках, коли осі валів перетинаються під деяким кутом, найчастіше 90°.

➤ **Конічні передачі складніші у виготовленні та монтажі, ніж циліндричні, внаслідок таких причин:**

- для нарізування конічних коліс потрібні спеціальні верстати;
- необхідно витримувати допуски на кути при вершинах конусів;
- при монтажі потрібно забезпечувати збіг вершин конусів;
- складніше виконувати колеса тієї ж точності, що і циліндричні;
- перетин валів ускладнює розташування опор внаслідок того, що одне з конічних коліс розташовується, як правило, консольно;
- у конічному зачепленні діють осьові сили, що ускладнюють конструкцію опор;
- навантажувальна здатність конічної прямозубої передачі становить приблизно 85 % від циліндричної.

Конічні передачі набули широкого поширення, оскільки за умовами розміщення елементів машин і механізмів валів треба розміщувати під кутом один до одного.

Для підвищення навантажувальної здатності конічних коліс застосовують колеса з непрямыми зубами. На практиці найбільш поширені конічні колеса з тангенціальними та круговими зубами. Тангенціальні зуби спрямовані по дотичній до деякого уявного кола радіусом r і складають з твірною конуса кут $25\text{--}30^\circ$. Кругові зуби розташовуються на дузі кола, якою рухається інструмент при нарізуванні зубів.

Черв'ячні передачі (рис. 2.2.5, з) застосовують для передачі руху між перехресними осями, кут між якими, як правило, становить 90° . Рух у черв'ячних передачах передається за принципом гвинтової пари або за принципом нахиленої площини.

➤ **Переваги черв'ячних передач:**

- великі передавальні відношення;
- плавність і безшумність роботи;
- висока кінематична точність;
- самогальмування.

➤ **До недоліків можна віднести:**

- низький коефіцієнт корисної дії (ККД);
- зношення деталей при роботі та заїдання;
- використання дорогих матеріалів для виготовлення передач;
- вимоги до високої точності при складанні.

У черв'ячної передачі, на відміну від зубчастої, колові швидкості на черв'яку та на колесі не збігаються. Вони спрямовані під кутом 90° і відрізняються за значенням. При відносному русі початкові циліндри ковзають. Велике ковзання є причиною зниження ККД, підвищеного зносу і заїдання. ККД черв'ячної передачі нижчий ККД зубчастих передач. Для зниження зношення застосовують спеціаль-

ні антифрикційні пари матеріалів: черв'як — сталь, вінець черв'ячного колеса — бронза, рідше — латунь або чавун.

Для охолодження черв'ячних передач збільшують площу охолодження корпусу, використовують вентилятори або додаткову систему охолодження.

При високих кутових швидкостях обертання рекомендується застосовувати косозубі шестерні, в яких зуби входять у зачеплення плавно, що і забезпечує відносно безшумну роботу.

Недоліком косозубих шестерень є наявність осьових зусиль, які додатково навантажують підшипники. Цей недолік можна усунути, застосувавши здвоєні шестерні з рівноправними спіралями зубів або шевронні шестерні (рис. 2.2.5, в). Останні, зважаючи на високу вартість і складність виготовлення, використовують порівняно рідко — зазвичай лише для унікальних передач великої потужності.

При малих кутових швидкостях обертання застосовують конічні прямозубі шестерні, а при великих — шестерні з круговим зубом, які нині замінили раніше використовувані конічні косозубі шестерні.



Рис. 2.2.6. Конічні гіпоїдні шестерні: 1 — ведена шестерня, 2 — тягова шестерня

Конічні гіпоїдні шестерні теж мають круговий зуб, проте осі коліс у них зміщені, що створює особливо плавну і безшумну роботу (рис. 2.2.6). Передавальне відношення в зубчастих парах коливається у широких межах, але зазвичай воно дорівнює 3–5.

➤ **Переваги передач зачепленням:**

- високий коефіцієнт корисної дії: циліндричні (0,96–0,98); конічні (0,95–0,97); черв'ячні (0,7–0,9);
- надійність і довговічність;
- компактність і простота в обслуговуванні.

➤ **Недоліки:**

- шум при роботі з великими швидкостями;
- високі вимоги до точності виготовлення і монтажу.

2.2.3. Передачі з гнучкими ланками

Для передачі руху між порівняно далеко розташованими один від одного валами застосовують механізми, в яких зусилля від ведучої ланки до веденої передається за допомогою гнучких ланок.

Як гнучкі ланки застосовують: *ремені, шнури, канати різних профілів, провід, сталеву стрічку, ланцюги різних конструкцій*.

Передачі з гнучкими ланками можуть забезпечувати *постійне* і *змінне* передавальне відношення зі ступеневою або плавною зміною його величини.

Для збереження сталості натягу гнучких ланок у механізмах використовують натяжні пристрої: *натяжні ролики і пружини, противаги*.

➤ **Передачі класифікують за такими ознаками:**

За способом з'єднання гнучкої ланки з іншими:

- фрикційні;
- з безпосереднім з'єднанням;
- із зачепленням.

За взаємним розташуванням валів і напрямку їх обертання:

- відкриті;
- перехресні;
- напівперехресні.

Механічну передачу, що передає обертальний рух від ведучої ланки (вала, осі) до веденої внаслідок тертя, яке виникає між тілами кочення (дисками, конусами), притиснутими одне до одного, називають **фрикційною**.

Фрикційна передача складається з двох коліс (котків) — ведучого і веденого, які притиснуті один до одного із заданою силою (рис. 2.2.7). При обертанні одного з котків, наприклад, ведучого, унаслідок сили тертя між ними починає рух і ведений. Фрикційні передачі переважно використовують у безступеневих варіаторах, що дає змогу плавно змінювати передавальне відношення.

➤ **Переваги:**

- проста конструкція котків;
- можливість безступеневого регулювання частоти обертання вихідної ланки;
- відсутність поломок через проковзування котків.

➤ **Недоліки:**

- необхідність пристроїв для притиснення тіл кочення і великі навантаження на вали;
- пошкодження передачі при буксуванні і можливість нерівномірного зносу коліс;
- непостійність передавального відношення через проковзування;
- великі габаритні розміри.

За конструкцією і призначенням фрикційні передачі можуть бути двох видів: циліндрична між паралельними валами (рис. 2.2.7, а) і конічна між валами з пере-



Рис. 2.2.7. Фрикційна передача: а — з паралельними валами; б — з пересічними валами

січними осьовими лініями (рис. 2.2.7, б). Кут між валами конічної передачі може бути будь-яким, але зазвичай він дорівнює 90° .

Циліндрична і конічна фрикційні передачі характеризуються постійним передавальним відношенням.

Фрикційні варіатори — механічні передачі, що забезпечують плавне безступеневе регулювання швидкості обертання веденого валу при постійній швидкості обертання ведучого валу (рис. 2.2.8, а, б).

Варіатори виготовляють для передавання невеликих потужностей (не більше ніж 20–30 кВт), хоча відомі конструкції для потужностей 100 кВт і більше. Фрикційні варіатори застосовують у приводах сільськогосподарських машин, метало- та деревообробних верстатів, пресів, конвеєрів, у машинах переробної, хімічної, текстильної та паперової промисловості, а також у приладобудуванні.

➤ **За конструкцією та принципом роботи фрикційні варіатори поділяють на дві групи:**

- варіатори з безпосереднім контактом ведучої та веденої ланки;
- варіатори з проміжними ланками.

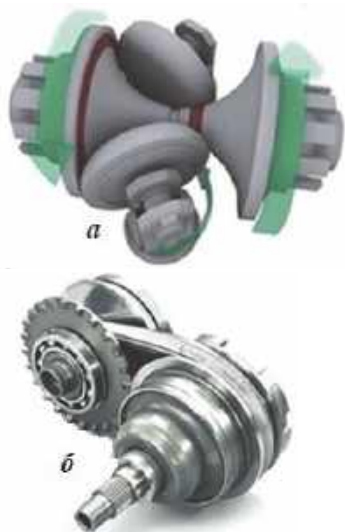


Рис. 2.2.8. Фрикційні варіатори:
а — торовий; б — пасовий

Фрикційні варіатори за конструкцією дуже різноманітні: **лобові** (рис. 2.2.9, а), **торові** (рис. 2.2.9, б), **ремінні** (рис. 2.2.9, в), **кульові** (рис. 2.2.9, г).

Фрикційні варіатори використовують у приладах і в різних виробках, наприклад, у металообробних верстатах. Фрикційні передачі призначені для передачі від дуже малих потужностей (у приладах) до кількох сотень кіловат, але переважно до 20 кВт.

Лобові: мають спрощену конструкцію. Їх застосовують в універсальних токарно-гвинторізних верстатах. Через низьку точність виготовлення робочих тіл вони швидко зношуються, що знижує коефіцієнт корисної дії.

Торові: оснащені дисками конусоподібної форми й чашками у вигляді круглого тора. Ці механізми забезпечують рівність контактних напру-

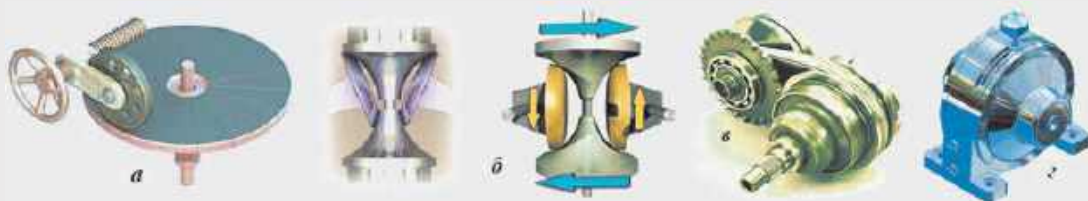


Рис. 2.2.9. Типи фрикційних варіаторів: а — лобові; б — торові; в — ремінні; г — кульові (дискові)

жень і дають змогу збільшити коефіцієнт корисної дії та зносостійкість інструмента.

Ремінні (пасові): передача руху проводиться із застосуванням закритого кільцевого ремня з різними видами перетину (трапецієподібним, круглим, прямокутним, клиновим). Натяг ремня проводиться за допомогою приводних моторів, шківа, пружини або вантажу, який виступає як противага.

Кульові (дискові): зміна швидкісних характеристик проводиться за допомогою обертання двох дисків (фрикціонів), розташованих на валах. Даний вид варіаторів не вимагає додаткового обслуговування і функціонує при наявності синтетичної оливи. Він не видає зайвих шумів і плавно змінює швидкість обертання в заданому порядку.

➤ **Матеріали котків повинні відповідати таким вимогам:**

- високий модуль пружності;
- великий коефіцієнт тертя;
- хороша контактна міцність;
- зносостійкість.

➤ **Матеріали пари ведучий — ведений коток:**

- загартована сталь — загартована сталь: висока несуча швидкість, високий коефіцієнт корисної дії; найкраще — сталь ШХ15; для тихохідних передач — 40Х, 40ХН;
- чавун — чавун (або сталь): висока несуча здатність, малі габарити;
- текстоліт, фібра — сталь, чавун: великий коефіцієнт тертя, менша сила притискання (середньо і мало навантажені передачі);
- шкіра, гума — сталь, чавун: високий коефіцієнт тертя, мала стійкість проти спрацювання (мало навантажені передачі, передачі в приладах).

Конструкція котків визначається здебільшого матеріалом. Металеві котки можуть працювати зі змащуванням і без змащування, неметалеві — без змащування. Ведучий коток виготовляють із більш м'якого матеріалу, щоб запобігти місцевому спрацюванню веденого котка при буксуванні.

2.2.4. Пасові передачі

Пасова передача складається з двох закріплених на валах шківів і ремня, що охоплює ці шківів (рис. 2.2.10). Навантаження передається за рахунок сил тертя, що виникають між шківими і ремнем унаслідок натягу останнього.

➤ **За формою поперечного перерізу приводного паса передачі бувають:**

- плоскостасові,
- клиностасові,
- круглостасові, поліклиностасові та зубчасті (рис. 2.2.11).

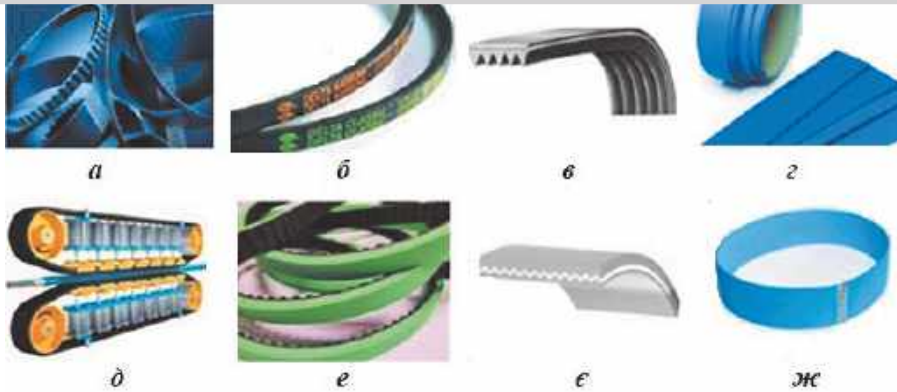


Рис. 2.2.11. Типи перерізу пасів: а — зубчастий; б — клиновий; в — поліклиновий; г — плоский; д — тягловий; е — транспортувальний; є — безшовний; ж — замок для плоских пасів

➤ **Залежно від швидкості паса розрізняють:**

- тихохідні передачі ($v \leq 10$ м/с);
- середньохідні передачі ($v = 10\text{--}30$ м/с);
- швидкохідні ($v = 30\text{--}100$ м/с).

➤ **Приводні паси пасових передач повинні мати:**

- достатню міцність при змінному напруженні і зносостійкість;
- достатній коефіцієнт тертя паса зі шківом;
- низьку згинальну жорсткість;
- високу довговічність;
- низьку собівартість.



Рис. 2.2.10. Пасова передача

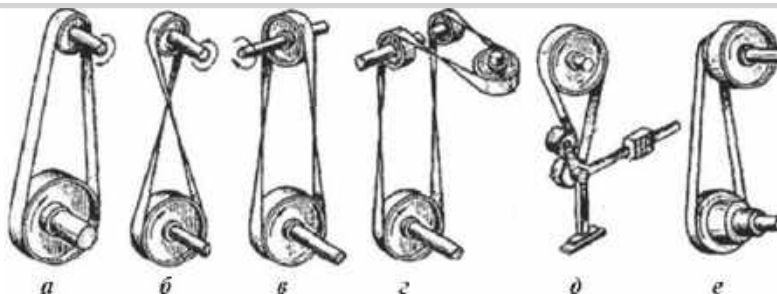
Плоскі паси бувають гумотканинні, бавовняні суцільноткані, шкіряні та зі спеціальних синтетичних матеріалів.

Клинові паси нормального перерізу для приводів загального призначення стандартизовані. Їх виготовляють двох типів: кордтканинні та кордшнурові.

Круглі паси виготовляють шкіряними, гумотканинними, бавовняними, капроновими. Найуживанішими є круглі паси діаметром 4–8 мм. Ці паси мають низьку несучу здатність. Їх використовують для передавання невеликих потужностей, найчастіше у механізмах приладів.

Найширше використовують клинопасові передачі — завдяки збільшенню тягової здатності за рахунок підвищення зачеплення зі шківом (приблизно утричі). Найбільша перевага спостерігається у передачах зі зубчастими (поліклиновими) пасами. Широкий спектр високоякісних привідних пасів і шківів та їх характеристики наведені у додатку (див. Додаток 3).

Рис. 2.2.12. Види пасових передач:
 а — відкрита; б — перехресна; в — напівперехресна (зі схрещуваними валами);
 г — кутова; д — з натискними роликами; е — передача зі ступінчастим шківом



➤ **За взаємним розташуванням валів і ременя розрізняють такі типи пасових передач:**

- відкрита;
- перехресна;
- напівперехресна (зі схрещуваними валами);
- кутова;
- з натискними роликами;
- зі ступінчастим шківом (рис. 2.2.12).

➤ **За кількістю і видом застосовуваних шківів є:**

- передачі з одношківними валами;
- передачі з двошківним валом, один зі шківів якого — холостий;
- передачі з валами, що несуть ступінчасті шківи для зміни передавального числа (для ступеневого регулювання швидкості веденого вала).

➤ **За кількістю валів, які охоплюються одним ременем, використовуються:**

- двовальні,
- тривальні,
- чотирихвальні
- багатовальні передачі (рис. 2.2.13).

➤ **Для нормальної роботи передачі необхідно попереднє натягування паса, яке здійснюється:**



Рис. 2.2.14. Ремінна передача з використанням натяжних пристроїв

- завдяки пружності паса — укороченням його при зшивці, пересуванням одного вала або за допомогою натискного ролика;
- під дією сили тяжіння;
- автоматично, в результаті реактивного моменту, що виникає на статорі двигуна;
- із застосуванням спеціальних натяжних пристроїв (рис. 2.2.14).



Рис. 2.2.13. Кількість валів, які охоплюються одним ременем: а — двовальна; б — тривальна; в — чотиривальна; г — багатовальна передачі

Оскільки на практиці більшість передач працює зі змінним режимом навантаження, то ремені з постійним попереднім натягом у період недовантаження виявляються надмірно напруженими, що веде до різкого зниження довговічності. Через це доцільніше застосовувати третій спосіб, при якому натяг змінюється залежно від навантаження і термін служби ременя найбільший. Однак автоматичний натяг у реверсивних передачах з непаралельними осями валів застосовувати не можна.

➤ **За розташуванням валів у просторі використовуються такі передачі:**

- з паралельними валами: відкриті (рис. 2.2.15. а), перехресні (рис. 2.2.15. б);
- з перехресними валами — напівперехресні (рис. 2.2.15. в);
- з натяжними роликами (рис. 2.2.15. г).

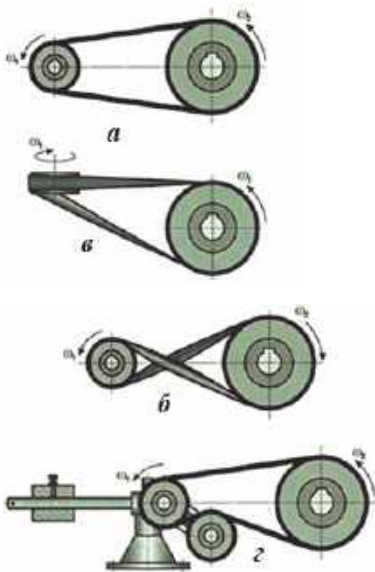


Рис. 2.2.15. Схеми розташування валів ременних передач: а — відкрита; б — перехресна; в — напівперехресна; г — з натяжним роликом

Різновидом пасової передачі є *зубчасторе-мінна*, яка передає навантаження шляхом зачеплення ременя зі шківками.

Термін служби приводного ременя залежить від багатьох факторів, зокрема від кількості перегинів по шківках. З одного боку, натяжний ролик вносить додаткові згинальні впливи на ремінь, зменшуючи його термін служби. А з іншого — він забезпечує необхідний натяг протягом усього терміну експлуатації, таким чином подовжуючи його.

➤ **Переваги пасових передач:**

- можливість розташування ведучого і веденого шківів на великих відстанях ($\max = 12\text{--}15\text{ м}$ — плоскими ременями, $\max \approx 6\text{ м}$ — клиновими ременями), що важливо, наприклад, для сільськогосподарського машинобудування;
- передавальне відношення $i < 7$ (зазвичай $i < 4\text{--}5$);
- плавність ходу;
- безшумність роботи передач, обумовлена еластичністю ременя;

- мала чутливість до поштовхів і ударів, а також перевантажень;
- здатність пробуксовувати;
- можливість роботи з великими кутовими швидкостями до 30 м/с (швидкохідні плоскоремінні передачі зі спеціальними цільнотканими безшовними тонкими і легкими ременями досягають швидкості 50–60 м/с, а надшвидкісні — до 100 м/с);
- обертання механізмів від різких коливань навантаження внаслідок пружності ремня;
- знижені вимоги до точності взаємного розташування валів передачі;
- можливість роботи при високих обертах;
- здатність самозбереження (виключаючи зубчастопасові передачі) від неврахованих перевантажень, завдяки можливості буксування паса на шківях;
- простота конструкції;
- низька собівартість.

**Недоліки:**

- значні габарити шківів;
- високі навантаження на вали й опори (підшипники) через натяг ремня;
- неможливість (унаслідок неминучого проковзування ремня по шківях) отримання точних, незмінних значень передавальних чисел (крім зубчаторемінних передач);
- невисокі зносостійкість і витривалість ременів (невисока довговічність 1000–5000 годин);
- поступове витягування ременів, їх недовговічність;
- необхідність застосування в передачах спеціальних пристроїв, призначених для натягу ремня, або його перешивок в міру витягування у процесі експлуатації передачі;
- необхідність захисту пасів від потрапляння на них мінеральних олив, бензину, лугів і т. п.;
- можливість електризації ременів, що виключає використання пасових передач у вибухонебезпечних середовищах;
- значні експлуатаційні витрати, пов'язані з порівняно великими втратами на тертя (витрати на електроенергію) та низькою (1000–5000 год) довговічністю ременів, що викликає додаткові витрати на їх заміну в процесі експлуатації передачі.

У зв'язку з зазначеними особливостями ремінні передачі, в основному, застосовують для передачі обертального руху між паралельними валами, розташованими на порівняно великій відстані один від одного, при невисоких (зазвичай не більше 40–50 кВт) значеннях передаваної потужності. Тому для ремінних передач найбільш характерна установка ведучого шківа на валу електродвигуна.

2.2.5. Ланцюгові передачі

Ланцюгова передача — механізм (передача) у вигляді нескінченного ланцюга, що рухається по зубчастих колесах (зірочках), закріплених на паралельних валах, передаючи обертний рух між цими валами (рис. 2.2.16). Ланцюгова передача базується на принципі зацеплення ланцюга і зірочок.

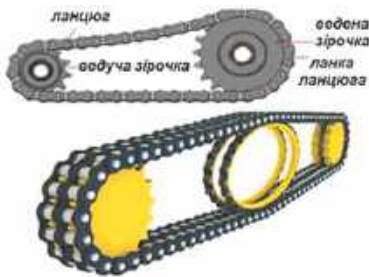


Рис. 2.2.16. Ланцюгова передача

Роликові ланцюги мають широке поширення. Їх застосовують при швидкостях $v \leq 15$ м/сек.

➤ Ланцюгова передача складається з:

- ведучої зірочки;
- веденої зірочки;
- ланцюга, який охоплює зірочки і зчіплюється з ними зубами;
- натяжних пристроїв;
- змащувальних пристроїв;
- огорожі.

Ланцюги бувають таких типів: роликові, втулкові і зубчасті (рис. 2.2.17).

У **роликових приводних ланцюгах** зацеплення ланцюга з зірочкою відбувається через загартований ролик, що вільно обертається. Він, повертаючись на втулці, перекочується по зубу зірочки, утворюючи шарнір ковзання. Така конструкція дозволяє вирівняти тиск зуба на втулку і зменшити зношування як втулки, так і зуба. Пластини окреслені контуром, що нагадує цифру 8 і забезпечує однакову міцність пластини у всіх перетинах.

➤ Приводні роликові ланцюги згідно зі стандартом виготовляють таких типів:

- однорядні нормальні (ПР);
- однорядні довголанкові полегшені (ПРД);
- однорядні посилені (ПРП);
- дворядні (2ПР);
- трирядні (3ПР);
- чотирирядні (4ПР);
- з вигнутими пластинками (ПРИ).

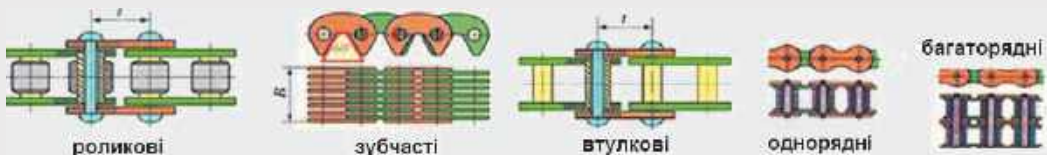


Рис. 2.2.17. Типи стандартизованих приводних ланцюгів



Рис. 2.2.18. Типи ланцюгів за передачею навантаження: а — однорядні; б — багаторядні

Втулкові приводні ланцюги за конструкцією схожі на роликів, але не мають роликів. Це здешевлює ланцюг, зменшує його масу, але істотно збільшує знос втулок ланцюга і зубів зірочок.

Приводні зубчасті ланцюги працюють плавно, з невеликим шумом, забезпечують високу кінематичну точність передачі внаслідок рівномірної зміни кроку в процесі роботи, мають підвищену надійність. Зубчасті ланцюги складаються з набору пластин зубоподібної форми, шарнірно з'єднаних між собою. Число пластин визначає ширина ланцюга, яка залежить від переданої потужності. Робочими гранями пластин є площини зубів, розташованих під кутом 60° , якими кожна ланка ланцюга сідає на два зуби зірочки. Завдяки цій особливості зубчасті ланцюги мають мінімально можливий крок і тому допускають більш високі швидкості.

Для усунення бічного спадання ланцюга із зірочки застосовують напрямні пластини, розташовані посередині ланцюга або з боків. Зубчасті ланцюги порівняно з іншими працюють більш плавно, з меншим шумом, краще приймають ударне навантаження, але важчі й дорожчі.

За кількістю ланцюгів, що передають навантаження, розрізняють однорядні і багаторядні ланцюги (рис. 2.2.18, а, б).

Багаторядні ланцюги дозволяють збільшувати навантаження пропорційно до числа рядів, тому їх застосовують при передачі великих потужностей. Роликів ланцюги з вигнутими пластинами підвищеної податливості застосовують при динамічних навантаженнях (ударах, частих реверсах і т. д.).

Втулковий однорядний ланцюг складається з внутрішніх пластин, напресованих на втулки, які вільно обертаються на валиках, на яких напресовані зовнішні пластини.

Залежно від передаваної потужності приводні втулкові ланцюги виготовляють однорядними і дворядними.

За **характером роботи** ланцюги бувають *вантажні, тягові і приводні*.

Ці ланцюги прості за конструкцією, мають невелику масу. Вони найдешевші, але менш зносостійкі, тому застосування їх обмежують невеликими швидкостями, зазвичай до 10 м/сек.

Багаторядні ланцюги можуть працювати при істотно великих швидкостях руху ланцюга. Навантажувальна здатність ланцюга зростає майже прямо пропорційно до числа рядів.

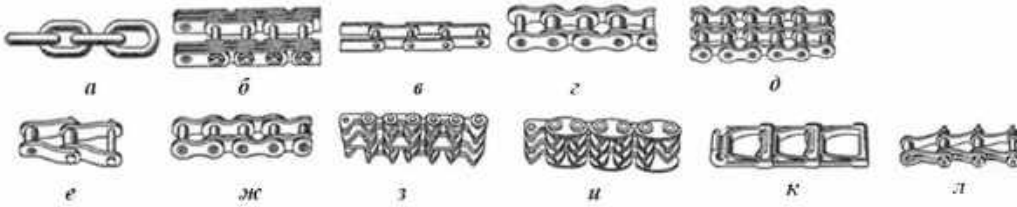


Рис. 2.2.19. Основні типи ланцюгів: а — круглоланковий; б — пластинчатий; в — втулковий; г — роликівий однорядний; д — роликівий дворядний; е — з вигнутими пластинами; ж — втулковий роликівий; з, и — зубчастий; к — гачковий; л — втулковий штирьовий

З'єднання кінців ланцюга при парному числі його ланок здійснюють сполучною ланкою, при непарному — менш міцною перехідною ланкою з вигнутими пластинами. Тому найчастіше застосовують ланцюги з парним числом ланок.

Ланцюг є основним елементом передачі, що визначає її надійність та довговічність. Ланцюг складається з шарнірно з'єднаних ланок. Параметри ланцюгів регламентовані стандартами. Характеристикою міцності ланцюга служить **руйнівне зусилля**, величина якого встановлюється дослідним шляхом заводом-виробником.

Вантажні ланцюги (рис. 2.2.19, а, б) працюють при малих швидкостях (до 0,25 м/с) і великих навантаженнях, їх виготовляють круглоланковими або простими пластинчастими і застосовують для підвіски, підйому й опускання вантажу вантажопідіймальними пристроями.

Тягові ланцюги (рис. 2.2.19, в) працюють при середніх швидкостях (до 2–4 м/с). Складаються з пластин простої форми і осей з втулками або без них. Ці ланцюги мають великі кроки, тому що загальна довжина ланцюга значна і їх зуби взаємодіють із зірочками, габарити яких обмежені нежорстко. Застосовуються для переміщення вантажів у транспортувальних пристроях.

Приводні ланцюги (рис. 2.2.19, г-л) працюють при значних швидкостях. Вони виконуються з малим кроком для зменшення динамічних навантажень і зі зносостійкими шарнірами для забезпечення необхідної довговічності ланцюга.

За характером зміни частоти обертання веденого вала ланцюгові передачі можуть знижувати або підвищувати частоту обертання.

За кількістю ведених зірочок передачі бувають *нормальні* (одна ведена зірочка) та *спеціальні* (кілька ведених зірочок).

Конструкція ланцюгової передачі подібна на конструкцію зубчастого приводу. Але зуби ведучої і веденої шестерень не входять у безпосереднє зачеплення, а крутний момент передається з однієї на іншу за допомогою за-кільцьованого безперервного ланцюга, отвори якого по черзі надягаються на зуби оберткових коліс.

Пластинчасті ланцюги складаються з декількох рядів пластин зі зубцями, що з'єднані між собою втулками і шарнірно закріплені на спільних валиках.

У ланцюгових передачах передавальне число зберігається постійним. Крім того, вони дуже міцні, що дає змогу передавати великі зусилля. У зв'язку з цим ланцюгові передачі застосовують, наприклад, у таких вантажопідіймальних механізмах як талі і лебідки. Довгі ланцюги застосовують в ескаляторах метро, конвеєрах.

Основною причиною втрати працездатності ланцюгових передач є зношення шарнірів ланцюга. Термін служби ланцюга збільшується при збільшенні його довжини, а також збільшенні числа зубів ведучої зірочки. Однак останнє призводить до підвищення ймовірності втрати зацеплення. При зменшенні числа зубів ведучої зірочки збільшуються динамічні навантаження, удари, зношення ланцюга.

➤ **Переваги ланцюгових передач у порівнянні з ремінними:**

- велика навантажувальна здатність;
- відсутність ковзання і буксування, що забезпечує сталість передавального відношення і можливість роботи при короткочасних перевантаженнях.
- принцип зацеплення не вимагає попереднього натягу ланцюга.
- ланцюгові передачі можуть працювати при менших міжосьових відстанях і при великих передавальних відношеннях.

Недоліком можна вважати те, що ланки ланцюга розташовуються на зірочці не по колу, а по багатокутнику. Звідси, як наслідок, зношення шарнірів ланцюга, шум і додаткові динамічні навантаження, необхідність забезпечення мастилом.

Ланцюгові передачі застосовують для передачі руху між валами, які перебувають на великих відстанях один від одного, а також від одного ведучого валу декільком веденим. Найбільш поширеними ланцюгові передачі є в сільському машинобудуванні, наприклад, у зернозбиральних комбайнах, де одним ланцюгом одночасно потрібно приводити до руху багато валів. Ланцюгові передачі також широко використовують у металорізальних верстатах, мотоциклах, велосипедах, у приводах різних технологічних конвеєрів та машинах легкої промисловості.

2.2.6. Деталі передач обертання — вали й осі

У сучасних машинах найбільш широко використовується обертальний рух деталей. Рух частин машин, що поступально переміщуються, забезпечується спеціальними пристроями, які називають **напрямними**.

Вал — деталь машин, призначена для підтримки розміщених на ньому деталей і передачі крутного моменту. При роботі вал зазнає деформації кручення і вигину, іноді — розтягування-стиснення.

Вісь — деталь машин і механізмів, що служить для підтримки обертючих частин, але не передає корисний крутний момент, а, отже, і не відчуває кручення.

Для здійснення обертального руху використовують спеціальні деталі — **вали** та **осі**, які своїми спеціально пристосованими для цього ділянками — *цапфами (шипамі)*, або *п'ятами* — спираються на опорні пристрої — *підшипниками* або *підп'ятниками*.

Валом називають деталь (як правило, гладкої або ступенево циліндричної форми), призначену для підтримки встановлених на ній шківів, зубчастих коліс, зірочок, котків і для передачі крутного моменту (рис. 2.2.20). Деякі вали не підтримують обертючі деталі і працюють тільки на кручення.



Рис. 2.2.20. Вали та осі

Рис. 2.2.21. Прямі вали:
а — гладкі; б — ступеневі

Рис. 2.2.22. Кривошипний вал

Рис. 2.2.23. Суцільні
та порожністі вали

За призначенням розрізняють вали передач, на яких встановлюють зубчасті колеса, зірочки, муфти та інші деталі передач, і корінні вали, на яких встановлюють не тільки деталі передач, але і деталі робочих органів машини.

➤ **Види валів:**

- кривошипні;
- вали з прямою віссю;
- колінчасті вали;
- гнучкі вали;
- карданні вали.

За формою геометричної осі прямі вали бувають гладкими та ступеневими (рис. 2.2.21, а, б).

➤ **За призначенням вали ділять на:**

- вали передач — вали, що несуть деталі передач (зубчасті колеса, шківів і т. д.);
- корінні вали — вали, що несуть, крім деталей передач, робочі органи машин двигунів або знарядь — колеса або диски турбін, кривошипи (рис. 2.2.22).

Також вали бувають **суцільні** й **порожністі** (рис. 2.2.23). Порожністі вали застосовують, зазвичай, коли через них потрібно пропустити іншу деталь. Такі вали менші за масою, ніж суцільні, але більш складні у виготовленні.



Рис. 2.2.24. Типи валів: а — непрямі (колінчасті); б — ексцентрикові; в — гнучкі



Рис. 2.2.25. Види валів за формою поперечного перерізу: а — шліцеві; б — шпонкові

➤ **За геометричною формою вали бувають:**

- прямі;
- непрямі (колінчасті) ексцентрикові;
- гнучкі (рис. 2.2.24).

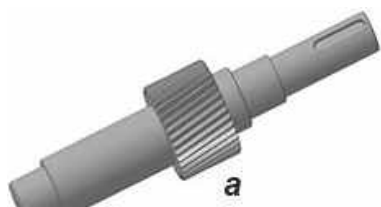


Рис. 2.2.26. Вали за швидкістю обертання: а — швидкохідний; б — тихохідний

➤ **За формою поперечного перерізу бувають:**

- шліцеві вали;
- шпонкові вали (рис. 2.2.25, а, б).

➤ **За розташуванням у вузлах машин вали бувають:**

- вхідними;
- проміжними;
- вихідними.

➤ **За швидкістю обертання є вали:**

- швидкохідні;
- тихохідні (рис. 2.2.26, а, б).

➤ **Конструктивна форма будь-якого валу зумовлена такими параметрами:**

- розмірами і типом посаджених на нього деталей;
- величиною і напрямом навантажень;
- способами закріплення деталей на валах;
- умовами складання та виготовлення.

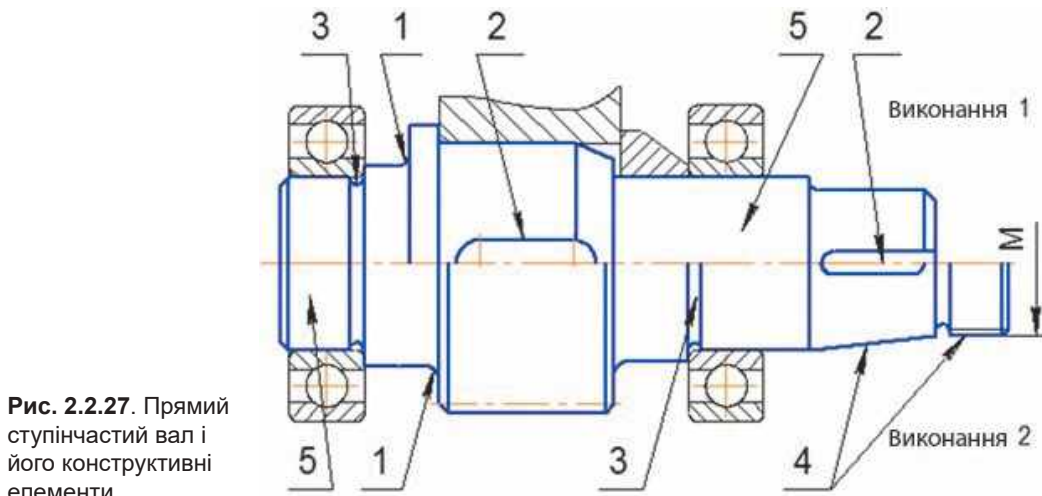


Рис. 2.2.27. Прямий ступінчастий вал і його конструктивні елементи

Основні конструктивні елементи валів (рис. 2.2.27):

- 1 — галтель — плавний перехід із радіусом r ($r > 0,1d$) між двома циліндричними поверхнями з різними діаметрами ($d < D$);
- 2 — шпонковий паз, у який вставляють шпонку;
- 3 — кільцева проточка — канавка для виходу різального інструмента, шліфувального круга тощо;
- 4 — конічна посадкова поверхня та різь (стандартні);
- 5 — цапфа — опорна поверхня валу;
- 6 — п'ята — опорна поверхня валу, яка сприймає лише осову силу й взаємодіє з опорою — підп'ятником;
- 7 — центрові отвори, лиски, шліцьові пази, фаски та інше.

Усі елементи — це місця різкої зміни форми і зони максимального напруження в перерізі валу, тому їх називають **концентраторами напружень**.

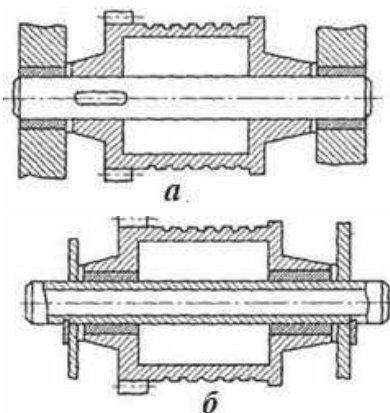


Рис. 2.2.28. Осі: а — обертова вісь; б — нерухома вісь

➤ **Осі поділяють на:**

- рухомі (обертові);
- нерухомі (рис. 2.2.28, а, б).

Обертові осі (рис. 2.2.28, а), як і вали, встановлюють у підшипниках. Прикладом обертових осей можуть служити осі рухомого залізничного складу, а прикладом необертових — осі передніх коліс автомобіля.

Обертові осі навіть при незмінному зовнішньому навантаженні працюють у важких умовах, циклічно змінюючи напружений стан, але вони зручні в експлуатації, бо допускають застосування нормальних (виносних) підшипників.

Нерухомі осі (рис. 2.2.28, б) зазвичай працюють у більш сприятливих умовах при постійних або мало змінних напруженнях, але для них потрібні більш складні і менш зручні в експлуатації підшипники, що насаджуються на осі деталі.

Навантаження, які сприймаються осями і валами, передаються на корпус або станини машини через опорні пристрої — підшипники.

Опорна частина вала або осі називається **цапфою**. Кінцева цапфа називається **шипом**, а проміжна — **шийкою**.

Кільцеве потовщення вала, що становить з ним одне ціле, називається **буртиком**.

Перехідна поверхня від одного перетину до іншого, що служить для упору насаджуваних на вал деталей, називається **запличиком**.

Для зменшення концентрації та підвищення міцності переходи в місцях зміни діаметра вала або осі роблять плавними. Криволінійну поверхню плавного переходу від меншого перетину до більшого називають **галтеллю**. Галтелі бувають постійної і змінної кривини. Змінність радіуса кривини галтелі підвищує несучу здатність вала на 10 %.

Підвищення міцності валів у перехідних перетинах досягається також видаленням малонапруженого матеріалу: виконанням розвантажувальних канавок й висвердлюванням отворів у щаблях великого діаметра. Ці заходи забезпечують більш рівномірний розподіл напружень і знижують їх концентрацію.

Посадочні кінці валів, призначені для установки деталей, що передають крутний момент у машинах, механізмах, приладах, є стандартизованими.

Стандарт встановлює номінальні розміри циліндричних валів двох виконань (довгі і короткі) діаметрів від 0,8 до 630 мм, а також рекомендовані розміри кінців валів з різьбою.

Крім того, стандарт встановлює основні розміри конічних кінців валів з конусністю 1:10 двох виконань (довгі та короткі) та двох типів (зі зовнішньою і внутрішньою різьбою) діаметрів від 3 до 630 мм.

Торці валів виготовляють з фасками для полегшення насадки деталей, а також щоб уникнути пошкодження рук робітників.

Матеріали валів і осей повинні бути міцними, добре оброблятися і мати високий модуль пружності. Основними матеріалами для валів є вуглецеві та леговані сталі. Для більшості валів використовують термічно оброблені середньовуглецеві і леговані сталі 45, 40Х. Термообробка таких деталей передбачає загартування з високим відпуском і поверхнєве гартування з нагріванням струмами високої частоти і низьким відпуском.

Для високонапружених валів відповідальних машин застосовують леговані сталі 40ХН, 40ХН2МА, 30ХГТ, 30ХГСА.

Для осей зазвичай використовують сталь вуглецеву звичайної якості.

Заготовки валів і осей — це круглий прокат або спеціальні поковки.

Швидкохідні вали, які обертаються у підшипниках ковзання, виготовляють з цементованих сталей 20х, 12ХН3А, 18ХГТ або азотованих сталей типу 38Х2МЮА.

2.2.7. Механічні муфти та їх різновиди

Муфта — це циліндричний за формою пристрій, що з'єднує два вали, труби або відрізки проводу (рис. 2.2.29).



Рис. 2.2.29. Муфта

Муфти використовують для постійного або тимчасового з'єднання. Вони можуть бути керованими. Класифікація пристроїв налічує десятки різновидів, які застосовують в усіх галузях життя людини.

➤ Функції, що виконують муфти:

- запобігання перевантаженню механізмів;
- компенсування неспіввісності валів,
- роз'єднання або з'єднання валів під час роботи.

У техніці **муфти** — це з'єднувальні пристрої для тих валів, кінці яких підходять один до іншого впритул або ж віддалені на невелику відстань. З'єднання валів муфтами забезпечує передачу крутного моменту від одного вала до іншого.

Вали, як правило, розташовані так, що геометрична вісь одного вала є продовженням геометричної осі іншого вала. За допомогою муфт можна також передати обертання з валів на зубчасті колеса, а також вільно насаджено на ці вали шків.

Деякі типи муфт поглинають вібрації та поштовхи, оберігають машину від аварій при перевантаженнях.

➤ При з'єднанні валів муфти можуть виконувати й інші функції:

- з'єднання і роз'єднання валів;
- оберігання механізмів від поломок;
- компенсування розбіжностей осей за висотою та кутом;
- амортизація вібрації і поштовхів;
- робота з механізмами зі змінною коловою швидкістю.

➤ Муфти класифікують за такими ознаками:

- видом енергії, що бере участь в передачі руху, — механічні, гідравлічні, електромагнітні;
- сталістю зчеплення з'єднуваних валів — муфти постійного з'єднання (некеровані), муфти зчпні, керовані (з'єднання і роз'єднання валів по команді оператора) та автоматичні (з'єднання або роз'єднання автоматичне після досягнення керуючим параметром заданого значення);
- за здатністю демпфірування динамічних навантажень — жорсткі (не здатні знизити динамічні навантаження і гасити крутильні коливання) і пружні (згладжують вібрації, поштовхи і удари завдяки наявності пружних елементів та елементів, які поглинають енергію коливань);

- за ступенем зв'язку валів — нерухома (глуха), рухома (компенсуюча), зчіпна, вільного ходу, запобіжна;
- за принципом дії — втулкова, поздовжньо-роз'ємна, поперечно-роз'ємна, компенсуюча, шарнірна, пружна, фрикційна, кулачкова, зубчаста, із зачепленням (кулачкові і кулькові);
- за конструктивними ознаками — поперечно-компенсуюча, поздовжньо-компенсуюча, універсально-компенсуюча, шарнірна, пружна (постійної і змінної жорсткості), конусна, циліндрична, дискова, фрикційна вільного ходу, храпова вільного ходу.



Розглянемо найпоширеніші типи муфт:



Рис. 2.2.30. Загальний вигляд втулкової шліцьової муфти



Рис. 2.2.31. Загальний вигляд фланцевої муфти



Рис. 2.2.32. Загальний вигляд кулачково-дискової муфти

1. Некеровані муфти поширені в машинобудуванні. Вони діляться на жорсткі (глухі), компенсаційні жорсткі та компенсаційні пружні. Жорсткі (глухі) муфти використовують для жорсткого і нерухомого з'єднання валів — глухе з'єднання (рис. 2.2.30).

Недоліки: складність у монтажі, бо при цьому необхідні значні осьові переміщення агрегатів, високі вимоги до точності суміщення з'єднуваних валів.

Матеріал втулок: сталь 40, 45, при великих розмірах — чавун СЧ18, СЧ20. Штифти виготовляють зі сталей 45, 50.

2. Фланцева муфта (ГОСТ 20761–96) складається із двох півмуфт, виконаних у вигляді фланців, насаджених на кінці співвісних валів і з'єднаних між собою болтами (рис. 2.2.31). Фланцеві муфти використовують для валів діаметром 12–220 мм.

Переваги фланцевих муфт: простота конструкції, надійність у роботі, можливість приймати великі навантаження, зокрема ударної дії.

Недоліки — ті самі, що й у втулкових муфтах.

Матеріал півмуфт: сталь 40, 35Л, чавунне лиття СЧ21, СЧ32. Болти, що ставлять із зазором, виготовляють зі сталі Ст3, болти без зазору — із сталі 40, 45.

3. Кулачково-дискові муфти призначені в основному для з'єднання валів зі значним радіальним зсувом (до 0,04 d), допускають також незначний кутовий зсув (не більше 0–30°).

Муфта (рис. 2.2.32) складається з двох напівмуфт і проміжного диска з розташованими хрестоподібно кулачками, які входять у відповідні гнізда в напівмуфтах. Кулачково-дискова муфта має знижену надійність роботи унаслідок значного зносу робочих поверхонь, наявності відцентрової сили, що діє на диск, втрат на тертя.

Матеріал: для виготовлення кулачково-дискової муфти використовують сталь 45 згідно з ГОСТ 1050 або 45Л за ГОСТ 977, диски зі сталі марки 45Х за ГОСТ 4543. На бажання замовника можливий індивідуальний розрахунок і виготовлення муфти з інших матеріалів.



Рис. 2.2.33. Муфта кулачкова

4. Муфта кулачкова призначена для передачі крутного моменту шляхом з'єднання (геометричного замикання) співвісних валів (рис. 2.2.33), а також для приєднання електродвигуна до приладових механізмів. З'єднує вали, які отримують у робочому процесі незначні перекоси і зміщення осей. Пружний елемент (вінець) дозволяє компенсувати незначні осьові, радіальні й кутові зміщення.

Переваги кулачкової муфти:

- значно збільшує допустимі експлуатаційні навантаження на вузол у цілому;
- дозволяє компенсувати незначне зміщення валів (яке виникає при монтажі або тепловому розширенні в процесі роботи);
- забезпечує ефективне гасіння крутильних коливань;
- мала вага і низький момент інерції.



Рис. 2.2.34. Пластинчаста муфта

Матеріал: для виготовлення кулачкової муфти застосовується сталь з межею міцності на розрив не нижчою $220 \cdot 10^4$ Па.

5. Муфта пластинчаста сполучна МУП 2 призначена для передачі крутного моменту від приводу до насосів, компресорів та інших обертових механізмів з одночасною компенсацією радіальних, кутових і осьових зсувів з'єднуваних валів (рис. 2.2.34). Кліматичне виконання муфт пластинчастих УХЛ204 — згідно з ГОСТ 15150–69. Сертифікована за системою ГОСТ.

Переваги: можливість використання у вибухонебезпечних середовищах.



Рис. 2.2.35. Муфта шарнірна

6. Муфта шарнірна призначена для з'єднання циліндричних валів, які встановлюють під кутом до 90° при передачі крутного моменту без пом'якшення динамічних навантажень (рис. 2.2.35).

➤ Використовують два типи шарнірних муфт:

- муфти з плоскими підшипниками призначені для середніх і низьких швидкостей і випадків ударних навантажень (тип Е);
- муфти з роликовими підшипниками рекомендують при високих швидкостях і відносно низьких типах крутних моментів (тип Н).

Обидва типи забезпечують високу ефективність, низький рівень шуму і низький коефіцієнт тертя.

Муфта шарнірна допускає з'єднання валів з підвищеним взаємним зміщенням осей — як викликаним неточностями, так і спеціально заданим конструктором. Шарнірні муфти з'єднують вали під кутом до 90° , дають змогу створювати ланцюгові вали з передачею обертання у найбільш недоступні місця. Усе це можливо завдяки тому, що хрестовина є не одним шарніром, а відразу двома з перпендикулярними осями.



Рис. 2.2.36. Безлюфтова (сильфонна) муфта



Рис. 2.2.37. Муфта тороподібна



Рис. 2.2.38. Втулькова муфта

Недоліки: нерівномірність обертання веденого вала при постійній кутовій швидкості ведучого, у зв'язку з чим для передачі обертання від одного механізму до іншого застосовують вали з двома шарнірними муфтами

7. Безлюфтові (сильфонні) муфти з високою точністю передачі крутного моменту і високою торсіонною жорсткістю (рис. 2.2.36).

Переваги: гнучкість при радіальному, кутовому і осьовому зміщенні знижує навантаження на підшипник, що збільшує термін його служби і скорочує витрати на обслуговування обладнання. Температура використання сильфонної муфти — до 300° С. Завдяки конструктивним особливостям витримує короточасні пікові навантаження, що дорівнюють подвоєному значенню номінального крутного моменту.

Галузь застосування: сильфонні муфти ідеальні для сервоприводів, де потрібна висока жорсткість при крученні, відсутність люфту при передачі крутного моменту, низька інерція і висока надійність.

8. Муфта з тороподібною оболонкою — пружна, зі сталим сполученням, ведучий і ведений диски якої змонтовані на кінцях сполучуваних валів, а диски зв'язані з тороподібним профілем за допомогою гумової оболонки (рис. 2.2.37). Призначена для передачі обертання між механізмами, які піддаються дії досить значних вібраційних, ударних і динамічних навантажень.

Переваги: муфта прекрасно компенсує радіальне зміщення валів до 4,5 мм, вона має високі демпфувальні властивості, характеризується простотою конструкції і великим терміном експлуатації — до десяти років.

Муфта забезпечує електро- і шумоізоляцію вузлів приводу і застосовується в механізмах, в яких важко забезпечити співвісність валів, при ударних і змінних навантаженнях.

Перевагою муфти також є можливість заміни еластичного елемента без демонтажу муфти.

Галузь застосування: у помпових установках, приводах рольгангів прокатних станів, будівельно-дорожніх машинах, бурильних установках, а також у силових приводах суден річкового і морського флоту, допоміжних приводах тепловозів і електровозів.

9. Втулькова муфта є найпростішою з жорстких муфт (рис. 2.2.38). Виготовляють у чотирьох виконаннях:

- з циліндричним посадковим отвором і конічними штифтами;
- з циліндричним посадковим отвором і призматичними шпонками;
- з циліндричним посадковим отвором і сегментними шпонками;
- з прямобічними шліцами.

Втулкові муфти застосовують у тихохідних і невідповідальних конструкціях машин при діаметрах валів $d < 70$ мм.

Переваги: простота конструкції та малі габаритні розміри.

Недоліки: необхідність при монтажі й демонтажі розсувати кінці валів на повну довжину муфти або зрушувати втулку уздовж вала не менше ніж на половину її довжини; необхідність дуже точного суміщення валів, оскільки ці муфти не допускають радіального або кутового зміщення осей валів.

Довжина втулки, зазвичай, дорівнює 3–5 діаметрам валів. Добирають втулкову муфту відповідно до стандарту.

Матеріал втулок — сталь 45 по ГОСТ 1050–88. Допускається виготовляти втулки з інших матеріалів з механічними властивостями не нижче, ніж у сталі 45.

Галузь застосування: для з'єднання строго співвісних валів, осей, штанг, тяг. Придатна для використання тільки у тихохідних машинах.

10. Муфта ланцюгова — для з'єднання співвісних валів при передачі крутного моменту від 63 до 1600 Нм, без зменшення динамічних навантажень кліматичних умов (рис. 2.2.39).

Виготовляють двох типів:

- тип 1 — з однорядним ланцюгом;
- тип 2 — з дворядним ланцюгом.

Ланцюгові муфти призначені для конструкцій з великими крутними моментами, так як передають більш високі крутні моменти, ніж самі вали.

Муфта являє собою фланці, з'єднані один з одним роликівим ланцюгом, що дозволяє сполучати вали з неспіввісністю до 2°.

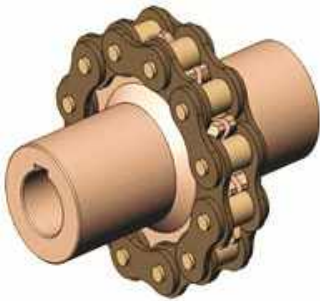


Рис. 2.2.39. Муфта ланцюгова

Ланцюгові муфти вимагають регулярного змащення для забезпечення максимального терміну служби і надійності, особливо при високих частотах обертання. Там, де ланцюгова муфта піддається реверсивним, ударним або імпульсним навантаженням або іншим несприятливим впливам, треба вибирати муфту на один типорозмір більше.

Галузь застосування: кульовий млин.

11. Муфта поздовжньо-згортна призначена для з'єднання циліндричних валів з неспіввісністю не більше 0,05 мм, передачі обертових моментів від 125 до 12500 Нм без пом'якшення динамічних навантажень і компенсації зміщень (рис. 2.2.40).

При наявності на валах елементів, що фіксують муфту по поздовжній осі, фіксуючі півкільця не застосовуються.

Вимоги до деталей: напівмуфта — чавун СЧ 20 за ГОСТ 1412–85, півкільця — сталь 45, півкожух — лист Ст3 за ГОСТ 380–94.

Галузь застосування: для з'єднання строго співвісних валів, осей, штанг, тяг. Придатна для використання тільки у тихохідних машинах.



Рис. 2.2.40. Муфта поздовжньо-згортна

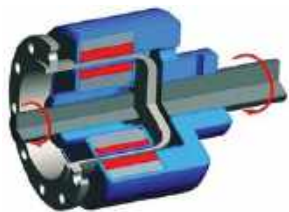


Рис. 2.2.41. Магнітна муфта



Рис. 2.2.42. Муфта ремонтна (хомут) штампована



Рис. 2.2.43. Муфта ремонтна (хомут) стандартна



Рис. 2.2.44. Муфта ремонтна (хомут) двостороння

12. Магнітні муфти призначені для передачі крутного моменту з ведучого валу на ведений без механічного контакту за рахунок взаємодії магнітних полів (рис. 2.2.41). Магнітне поле створюється постійними магнітами (NdFeB і SmCo), встановленими у ведучій і веденій напівмуфтах. Розташований між напівмуфтами захисний екран забезпечує надійну герметичність продукту, що перекачується.

Ключові переваги:

- гарантують безпеку обслуговуючого персоналу при роботі з агресивними, високотоксичними, пожежо- і вибухонебезпечними, різко пахучими рідинами;
- виключають руйнування валів і вузлів агрегату при ударному гальмуванні, забезпечуючи безпеку навколишнього середовища;
- зберігають чистоту продукту, що перекачується;
- муфти на постійних магнітах не мають зношуваних деталей, їх термін служби визначається терміном служби магнітів (не менше 10 років);
- використання магнітних муфт забезпечує зниження витрат на технічне обслуговування. При роботі муфти не споживають електроенергії.

Галузь застосування: у циркуляційних і напірних системах для перекачування екологічно небезпечних і агресивних рідин у виробництвах хімічної, нафто-, газопереробної і харчової промисловості, в холодильній техніці, енергетиці, установках очищення стічних вод.

13. Муфта ремонтна (хомут) штампована використовується для ремонту водопровідних труб (рис. 2.2.42). Складається з двох штампованих напівмуфт з ребрами жорсткості, гумової прокладки й оцинкованих з'єднувальних болтів з шайбами і гайками.

14. Муфта ремонтна (хомут) стандартна. Має приварені нержавіючі шпильки і скобу кріплення (рис. 2.2.43). Перевірена часом. Широко використовується в практиці водопостачання. Манжета хомута має пористу поверхню і забезпечує надійне герметичне прилягання до пошкодженої частини труби. Витримує тиск до 10 атмосфер. Гарантія від корозії — 10 років.

15. Муфта ремонтна (хомут) двостороння — використовується для ремонту труб великого діаметра (рис. 2.2.44). Складається з двох частин, що закріплюються на трубі за допомогою скоб і 6-ї або 12-ї гайок з шайбами. Манжета хомута має пористу поверхню і забезпечує надійне герметичне прилягання до пошкодженої частини труби. Витримує тиск до 10 атмосфер. Гарантія від корозії — 10 років.

2.3. Форми організації та методи складання

Залежно від виду виробництва, трудомісткості складальних робіт та інших факторів форми організації складальних робіт можуть бути різними. Розрізняють дві основні форми складання — **стаціонарне** і **рухоме**.

Стаціонарне складання може виконуватися двома способами:

- без поділу процесу складання на частини;
- з поділом процесу складання на вузлове і загальне складання.

При стаціонарному складанні без розчленування процесу складання на частини весь складальний процес (починаючи з отримання деталей і закінчуючи випробуванням зібраної машини) виконується на одному робочому місці однією бригадою. При такому способі складання кваліфікація слюсарів-складальників повинна бути високою, тому що кожному доводиться виконувати різноманітні роботи. Недоліки цього способу складання — довготривалість процесу і потреба в додаткових площах для розташування всіх деталей і проведення підготовчих складальних робіт, тому його застосовують головним чином при одиничному виробництві.

При стаціонарному складанні з розчленуванням процес складання машини поділяється на **вузлове** і **загальне** складання. При вузловому складанні одночасно декілька робітників або бригада виконує складання вузлів, які потім подають на загальну збірку, де окрема бригада збирає всю машину. Цей спосіб дає змогу одночасно збирати декілька окремих вузлів або машин, у результаті чого значно скорочується тривалість складання. При цьому способі слюсарі-складальники спеціалізуються на складанні окремих вузлів, завдяки чому підвищується продуктивність праці і поліпшується якість виготовленої продукції.

Робочі місця оснащують спеціальними пристосуваннями, використання яких зменшує трудомісткість збирання.

Рухоме складання можна виконувати двома способами:

- складання з вільним переміщенням виробів, що складаються;
- складання з примусовим переміщенням виробів, що складаються.

При складанні з **вільним переміщенням** робітник, закінчивши свою операцію, сам, а також за допомогою механізованих засобів або вручну переміщує виріб на наступний складальний пост. Вироби можуть також збирати на візках на рейковій колії, на рольгангах.

При складанні з **примусовим переміщенням** виріб в процесі складання пересувається за допомогою конвеєра або візків, замкнутих веденим ланцюгом. Складання можна виконувати як на самому конвеєрі, так і біля нього. В останньому випадку виріб знімається з рухомого конвеєра для виконання складальної операції, а після її закінчення знову ставиться на конвеєр для переміщення до наступного складального посту.

Складання, при якому відносний рух відбувається безперервно, називається **потоковим**.

При складанні з примусовим пересуванням точно витримується темп збирання, раціонально використовується робочий час, підвищується дисципліна праці.

Рухоме складання типове для *масового і серійного виробництва*. Вищою формою організації поточкових методів є автоматичні поточкові лінії, що охоплюють ділянки, цехи та цілі заводи. Їх характеризує об'єднання в єдиний комплекс технологічного і допоміжного обладнання, транспортних пристроїв, а також оснащення процесів обробки й переміщення предметів праці автоматичним централізованим управлінням.

Для отримання необхідної точності з'єднання деталей машин користуються такими методами: *повної взаємозамінності, неповної (часткової) взаємозамінності, групової взаємозамінності, пригонки, регулювання за допомогою рухомого компенсатора, регулювання за допомогою нерухомого компенсатора*.

Метод **повної взаємозамінності** є найбільш досконалим, тому що деталі можна складати без пригонки, забезпечуючи задану точність складальної одиниці. Тут деталі є взаємозамінними, що має особливе значення при масовому і великосерійному виробництві, а також і в процесі серійного виробництва. Застосування взаємозамінних деталей здешевлює складання, полегшує використання запасних частин. Застосування методу повної взаємозамінності визначається економічними міркуваннями. Точність деталей не повинна перевищувати необхідну.

Метод **неповної (часткової) взаємозамінності** полягає в тому, що допуски на розміри деталей збільшуються до економічної точності обробки їх на верстаках. При цьому для деталей, виконаних по крайніх межах допусків, потрібна певна пригонка при складанні або заміні однієї деталі іншою.

Метод **групової взаємозамінності** застосовують у випадках, коли за умовами роботи з'єднання необхідний зазор або натяг настільки малий, що допуски основних розмірів деталей, які входять в з'єднання, технологічно важко виконати. Тому деталі виготовляють за розмірами з розширеними допусками, а задана точність з'єднання забезпечується відповідним добором деталей. Цей метод може бути успішно застосований, коли деталі виготовляють великими партіями.

Якщо складання економічно не обґрунтовано вирішувати способом повної або неповної взаємозамінності, то можна застосувати **метод пригонки** (виготовлення за місцем). Для цього розширюють допуски на окремі розміри оброблюваних деталей. Утворена при цьому підвищена неточність буде компенсуватися замикальним розміром деталі, яка виготовлятиметься за місцем, тобто приганятися. Пригонка є трудомісткою роботою, вимагає високої кваліфікації робітників. Метод пригонки застосовують в умовах індивідуального виробництва, а також при виконанні експериментальних робіт.

2.4. Вимоги до підготовки деталей до складання

На продуктивність праці і якість виконання складальних з'єднань значною мірою впливає ступінь їх підготовки.

Перш за все, робочі місця повинні бути укомплектовані необхідним обладнанням, приладами, пристроями та інструментом. Також на робочому місці по-

винні бути болти та гайки, прокладковий папір і картон, пароніт, дріт для шплінтування, шплінти, пружинні шайби, прокладки, мастильні та інші матеріали. На робочому місці необхідно підготувати всі деталі, вузли й агрегати, які забезпечують повну комплектність складання.



Вимоги до деталей та вузлів, які надходять на складання:

- повинні бути з чистими, гладкими, без рисок і задирих поверхнями сполучуваних деталей, які в процесі експлуатації переміщуються одна відносно іншої;
- розміри деталей, маса, а також овальність і конусоподібність мусять відповідати технічним вимогам;
- поверхні деталей, що труться, перед складанням змащують оливою того ж сорту, яким їх змащують в процесі експлуатації;
- поверхні деталей, фарбування яких після складання неможлива, фарбують до складання;
- деталі, точне розташування яких не забезпечується при виготовленні або відновленні, додатково підганяють у зборі;
- деталі, які не є взаємозамінні за умовами їх виготовлення або відновлення, складають нерозуккомплектованими за відповідними мітками, поставленими при виготовленні, відновленні або розбиранні;
- якщо одну зі сполучених деталей, що труться (втулки, підшипники ковзання), запресовують, то остаточно підганяють її робочу поверхню (розгортають, розточують з подальшим розкочуванням) після запресовування;
- маслорозподільні канавки і маслопровідні отвори в деталях перед складанням необхідно прочистити і промити. Маслопровідні отвори в корпусах і втулках повинні збігатися;
- не допускається підтікання палива, масла і води в місцях з'єднань трубопроводів і з-під прокладок фланцевих з'єднань;
- вузли і агрегати, які після складання піддають контрольному випробуванню за певними технічними вимогами, повинні бути випробувані до їх установки у виріб;
- зібрані вузли та агрегати (відремонтовані або нові), що йдуть на складання виробів, повинні задовольняти технічним вимогам і мати відповідні позначки або пломби і клейма;
- для герметизації окремих сполучень (ущільнень масляних картерів, фільтрів та інших вузлів і деталей) застосовують пасту УН-25 для картонних і паронітових прокладок; фарбу нітроемаль № 624а для заглушок, пробок; цинкові білила для шпильок циліндрів, головок циліндрів та інших різьбових з'єднань.

Перш ніж розпочати складання з'єднань, необхідно ретельно зачистити площину дотику, зняти всі задирки, притупити гострі кромки і кути. Якщо з'єднуються деталі, зроблені з прокату (листів, швелерів, кутників), то дотичні поверхні зазвичай не обробляють.

Якщо з'єднуються ковані або литі деталі, то поверхні з'єднання повинні бути *профрезерованими*. Уже при складанні площини припилюються. Якість припилювання перевіряють за контрольним косинцем. Площини з'єднань, що вимагають, крім міцності з'єднання, ще й герметичності після припилювання шабруються або шліфуються.

Усі деталі, які надходять на складання, повинні бути ретельно очищені та промиті. Деталі промивають у різних миючих рідинах. Наприклад, застосовують такий розчин: кальцинована сода (2–3 %), миючий засіб ОП-7 (0,3–0,5 %), нітрит натрію (2–3 %), решта — вода.

Промиті деталі обдувають стисненим повітрям, яке подають під тиском 0,3–0,6 МПа через спеціальний наконечник, під'єднаний до гумового шланга.

Для очищення та промивання деталей і складальних одиниць складної форми, які мають вузькі щілини, дрібні глухі отвори й інші важкодоступні місця, а також трубчастих складальних одиниць, вигнутих у різних площинах, застосовують ультразвук. За його допомогою видаляють металеву стружку, тирсу, мастило, оливу, рідини.

2.5. Операції після складання

Після складання виробу або механізму необхідно провести його *огляд з метою контролю* правильності проведеного складання, ліквідації помічених недоліків, перевірки наповнення оливою або мастилом силових передач різних механізмів, видалення із зібраного виробу або механізму забутого інструмента, зайвих деталей і допоміжних матеріалів.

У процесі складання або ремонту об'єкта його зовнішні поверхні або окремі деталі можуть втратити товарний вигляд, може знизитися їх опірність корозії. Для захисту відремонтованого виробу або механізму від корозії, а також надання їм товарного вигляду після ремонту і випробування їх *фарбують*, а деталі, що не підлягають фарбуванню, піддають спеціальній обробці для додання їм корозійної стійкості.

Після огляду і перевірки готовності виробу або механізму до роботи приступають до *перевірки об'єкта*, дотримуючись при цьому правил охорони праці та безпеки.

Після перевірки виробу або механізму проводять *повторний огляд* як усього виробу, так окремих вузлів і найбільш відповідальних деталей. Виявлені при огляді дефекти необхідно усунути.

Зібраний або відремонтований виріб (механізм), що показав у процесі випробування під навантаженням експлуатаційну справність і відповідність технічним вимогам, *передають замовнику*. Під час передачі складають акт випробування і передачі, в якому вказують отримані технічні дані, звертають увагу виявлені й неусунуті дефекти, а також зазначають рекомендації щодо експлуатації.

Замовнику (споживачеві) видають також гарантійний талон (зобов'язання). Для споживача гарантійний талон або зобов'язання є документом, який

підтверджує, що зібраний чи відремонтований об'єкт або його окремі вузли й деталі не вийдуть з ладу протягом гарантійного терміну за умови нормальної експлуатації та технічного обслуговування об'єкта в процесі його роботи.

Якщо протягом гарантійного терміну відремонтований об'єкт, його деталь або вузол вийдуть з ладу чи будуть змінюватися технічні характеристики об'єкта (точність, швидкість), майстерня або підприємство, що виготовили (ремонтували), зобов'язані безоплатно усунути виявлені несправності своїми силами.

Після закінчення складання (ремонту) *робоче місце* необхідно *привести до ладу*. Весь металевий брухт, відходи повинні бути розсортовані та прибрані з території ділянки. Очищений і законсервований інструмент, пристосування та обладнання, деревину, мийні засоби, масла і мастила, що залишилися, необхідно здати на відповідні склади.

Якщо ремонт проводився на території замовника, йому здають упорядковане місце ремонту.



РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

3.1. Основні терміни та поняття

Розвиток промисловості та перехід від одиничного до серійного або масового виготовлення сформували нові вимоги до виробів. З'явилася необхідність стандартизації, яка дозволяла б виготовляти однакові (в певних межах) деталі на одному підприємстві, а ще краще — у цілій галузі. Стандартні деталі, що випускаються одним підприємством, можна було б використовувати на багатьох, а замість ремонту, — просто викинути зношену деталь і замінити її новою.

Для цього була створена система стандартів, які дозволили організувати виробництво деталей з чітко визначеними вимогами, спочатку для кожного підприємства, а потім — для галузі або всієї промисловості. Так з'явилися поняття **стандартизація** і **взаємозамінність**. Вони охоплюють такі терміни як **допуски, посадки, розрахунок розмірних ланцюгів** і багато іншого.

Терміни наведені згідно з ДСТУ ISO 286–1–2002 «Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків і посадок».

Стандартизація — встановлення і застосування правил з метою впорядкування діяльності в певній області на користь і за участю зацікавлених сторін.

Стандарт — документ, у якому для добровільного багаторазового використання встановлюються характеристики продукції, правила здійснення і характеристики процесів виробництва, виконання робіт або надання послуг.

Однією з основних цілей стандартизації разом з прискоренням технічного прогресу і підвищенням ефективності виробництва є забезпечення його оптимального рівня та поліпшення якості продукції.

Стандарт також може містити вимоги до термінології, символіки, пакування, маркування або етикеток та правил їх нанесення. Згідно зі стандартом вводяться такі терміни та поняття:

- **Вал** — термін, який умовно застосовують для позначення зовнішніх елементів деталей, зокрема й нециліндричних елементів.

- **Отвір** — термін, який умовно застосовують для

позначення внутрішніх елементів деталей, зокрема й нециліндричних елементів.

- **Основний вал** — вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю.
- **Основний отвір** — отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю.
- **Розмір** — числове значення лінійної величини (діаметра, довжини тощо) в обраних одиницях виміру.
- **Дійсний розмір** — розмір елемента, встановлений вимірюванням з допустимою точністю.
- **Номінальний розмір** — розмір, щодо якого визначаються відхилення.
- **Відхилення** — алгебраїчна різниця між розміром (дійсним або граничним) і відповідним номінальним розміром.

- **Квалітет** — сукупність допусків, що розглядають як відповідні одному рівню точності для всіх номінальних розмірів.
- **Посадка** — характер з'єднання двох деталей, який визначається різницею їх розмірів до складання.
- **Зазор** — різниця між розмірами отвору і вала до збирання, якщо отвір більший від розміру вала.
- **Натяг** — різниця між розмірами вала й отвору до збирання, якщо розмір вала більший від розміру отвору.
- **Допуск посадки** — сума допусків отвору і вала — складових з'єднання.
- **Допуск T** — різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами, або алгебраїчна різниця між верхнім і нижнім відхиленнями.
- **Стандартний допуск IT** — будь-який з допусків, що встановлюються певною системою допусків і посадок.
- **Поле допуску** — поле, обмежене найбільшим і найменшим граничними розмірами, яке визначається величиною допуску і його положенням щодо номінального розміру.
- **Посадка з зазором** — посадка, при якій завжди утворюється зазор в з'єднанні, тобто найменший граничний розмір отвору повинен перевищувати найбільший граничний розмір вала або дорівнювати йому.
- **Посадка з натягом** — посадка, при якій завжди утворюється натяг у з'єднанні, тобто найбільший граничний розмір отвору повинен не перевищувати найменшого граничного розміру вала або дорівнювати йому.
- **Перехідна посадка** — посадка, при якій можливе отримання як зазору, так і натягу в з'єднанні залежно від дійсних розмірів отвору і вала.
- **Посадки в системі отвору** — посадки, в яких необхідні зазори і натяги утворюються поєднанням різних полів допусків валів з полем допуску основного отвору.
- **Посадки в системі вала** — посадки, в яких необхідні зазори і натяги утворюються поєднанням різних полів допусків отворів з полем допуску основного вала.

Поняття про взаємозамінність деталей. Випуск велосипедів, мотоциклів, тракторів, автомобілів, електродвигунів, швейних та інших машин здійснюється на заводах такими темпами, коли час на обробку і складання вимірюють не лише хвилинами, а й секундами. Деталі цих машин повинні бути виготовлені точно за кресленнями й технічними умовами, щоб при складанні

вони підходили одна до іншої без слюсарної підгонки, що скорочує час на складання і здешевлює вартість виробу. Важливо також, щоб при ремонті машини нова деталь, що замінює зношену, могла бути встановлена на її місце без підгонки. Деталі, що задовольняють такі вимоги, називають **взаємозамінними**.

Виробництво взаємозамінних деталей дає можливість спеціалізувати підприємства, що знижує витрати на виготовлення цих деталей, збіль-

Взаємозамінністю називається така властивість окремих деталей, яка дає можливість без додаткової обробки або підгонки з'єднувати їх під час складання або при заміні пошкоджених чи таких, що вийшли з ладу в процесі експлуатації деталей, зі збереженням заданої якості виробу.

шує продуктивність праці, а також виключає ручне доопрацювання деталей в процесі складання і ремонту.

Поняття про сполучення деталей. Дві деталі, які рухомо або нерухомо з'єднуються одна з одною, називають **сполучними**. Розміри, за якими відбувається з'єднання цих деталей, називають **сполучними розмірами**. Розміри, за якими не відбувається з'єднання деталей, називають **вільними розмірами**. Сполучні деталі повинні бути взаємозамінними.

Поняття про точність обробки. Виготовити партію взаємозамінних деталей абсолютно однакового розміру неможливо, оскільки на точність обробки впливають неточність і знос верстата, знос інструмента, неточності при установці й закріпленні заготовки тощо.

Як правило, всі деталі окремої партії при обробці мають відхилення від заданих розмірів і форми. Але величини цих відхилень повинні бути призначені таким чином, щоб сполучні розміри могли забезпечити складання деталей без підгонки, тобто щоб деталі були взаємозамінними.

Конструктори виробів для визначення величини допустимих відхилень сполучних деталей керуються встановленими державними стандартами України — ДСТУ.

3.2. Шорсткість поверхні й допуски та посадки

Поверхні всіх деталей після механічної обробки не є ідеально гладкими, оскільки різальні кромки інструмента залишають сліди у вигляді певних нерівностей і гребінців.

Шорсткість — це сукупність усіх нерівностей з відносно малими кроками на базовій довжині (рис. 3.2.1).

Основними характеристиками шорсткості оброблених поверхонь є **висотні** та **крокові** параметри. До висотних відносять середнє арифметичне відхилення профілю, висоту нерівностей профілю по десяти точках і найбільшу висоту нерівностей профі-



Рис. 3.2.1. Шорсткість поверхні

лю. Кроковими параметрами шорсткості є середній крок нерівностей та опорна довжина профілю.

Шорсткість поверхні позначається спеціальними знаками і вписаними над ними величинами допустимої шорсткості в мікрометрах (рис. 3.2.2).

Працездатність деталей залежить не тільки від точності розмірів, але й від ступеня обробки їх поверхонь. При будь-якому вигляді обробки на поверхні деталі залишаються сліди інструмента, яким вона обробляється, тобто певна шорсткість.

ДСТУ встановлює 14 класів шорсткості. Класи з 1-го по 6-й містять тільки один розряд, а всі інші — три розряди. Параметрами шорсткості є: Ra — середнє арифметичне відхилення профілю і Rz — висота нерівностей профілю по десяти точках. Обидва параметри вимірюються в мікронах; для класів з 1-го по 5-й, 13-го і 14-го встановлено параметр Rz , а для інших — Ra .

➤ **Шорсткість поверхні вимірюють приладами, які можна розділити на дві групи:**

- контактні, що працюють за принципом «обмацування» випробуваної поверхні голкою. Вертикальні переміщення голки, що характеризують висоту мікронерівностей, у приладі багаторазово збільшуються і реєструються стрілкою на відповідній шкалі. Певні прилади записують профіль досліджуваної поверхні у вигляді профілограми;
- безконтактні, що оцінюють мікронерівності досліджуваної поверхні без доторкання до неї. До цієї групи належить більшість оптичних приладів (інтерференційний і подвійний мікроскопи, мікроскопи порівняння). В окулярі мікроскопа спостерігач бачить збільшене зображення контрольованої поверхні поруч зі збільшеним зображенням поверхні еталона (у мікроскопі МС-49 збільшення $\times 50$).

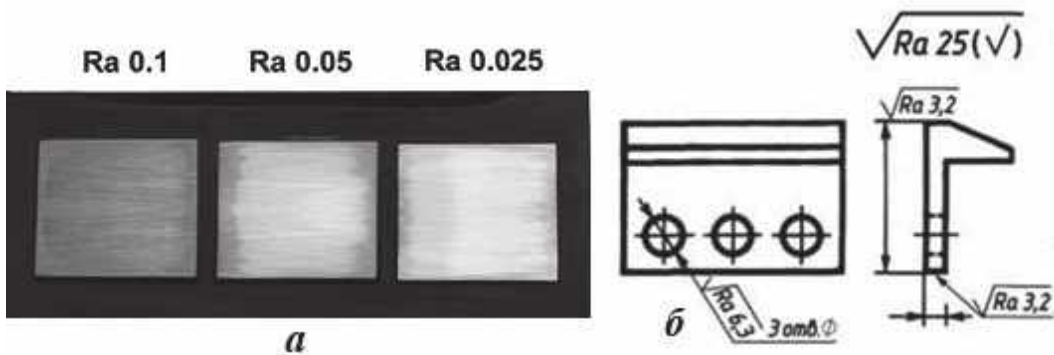


Рис. 3.2.2. Зразки шорсткості (а) та позначення її на кресленнях (б)



Рис. 3.2.3. Розміри деталі, відхилення та допуск

Розміри деталі, які вказуються на технічному кресленні, називають **номінальними**, а розміри, фактично одержувані в результаті обробки деталі, — **дійсними** (рис. 3.2.3).

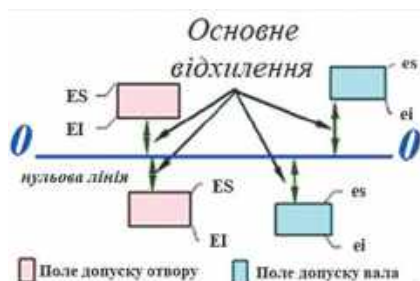


Рис. 3.2.4. Граничні розміри

Посадка — параметр, який характеризує з'єднання деталей. Її визначають величиною зазорів або натягів, які виходять при з'єднанні.

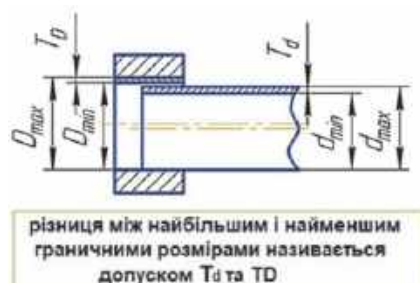


Рис. 3.2.5. Структура позначення допуску

Дійсний розмір завжди дещо відрізняється від номінального, оскільки на практиці отримати номінальний розмір майже неможливо.

З метою досягнення певної точності виконання деталі на кресленні вказується допуск на номінальний розмір, що визначає межі допустимої помилки при виготовленні (рис. 3.2.3). Допускові на номінальний розмір відповідають граничні розміри, в межах яких деталь вважають придатною.

Верхній і нижній граничні розміри визначають **допуском на номінальний розмір** (рис. 3.2.4).

Допуск на розмір T є арифметичною різницею (рис. 3.2.5). Точність виробництва деталей визначає система допусків і посадок, розроблена фахівцями зі стандартизації. Ці параметри завжди присутні в кресленнях і технічних завданнях на обробку.

Усі посадки діляться на три основні типи:

- з зазором (рис. 3.2.6, а);
- з натягом (рис. 3.2.6, б);
- перехідні (рис. 3.2.6, в).

Посадка з зазором — посадка, при якій завжди утворюється зазор в з'єднанні, тобто найменший граничний розмір отвору більше найбільшого граничного розміру вала або дорівнює йому. При графічному зображенні поле допуску отвору розташоване над полем допуску вала (рис. 3.2.7).

Посадка з натягом — посадка, при якій завжди утворюється натяг в з'єднанні, тобто найбільший граничний розмір отвору менше найменшого граничного розміру вала або дорівнює

Рис. 3.2.6. Посадки:
а — із зазором;
б — з натягом;
в — перехідна



йому. При графічному зображенні поле допуску отвору розташоване під полем допуску валу (рис. 3.2.8).

Перехідна посадка — посадка, при якій можливе отримання як зазору, так і натягу в з'єднанні, в залежності від дійсних розмірів отвору і валу. При графічному зображенні поля допусків отвору і валу перекриваються повністю або частково (рис. 3.2.9).

Посадки в системі отвору — посадки, в яких необхідні зазори і натяги утворюються поєднанням різних полів допусків валів з полем допуску основного отвору.

В основі побудови системи посадок лежить поняття про **систему отвору** (всі посадки утворюються з'єднанням валів різного розміру з основним отвором) і **систему валу** (всі посадки утворюються з'єднанням отворів різного розміру

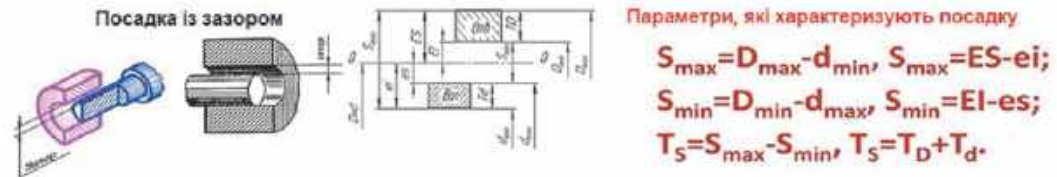


Рис. 3.2.7. Параметри посадки із зазором

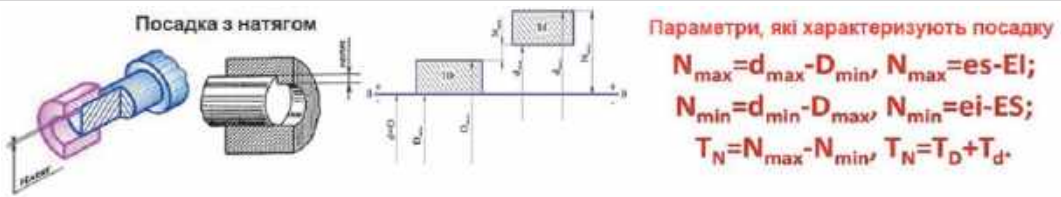


Рис. 3.2.8. Параметри посадки з натягом

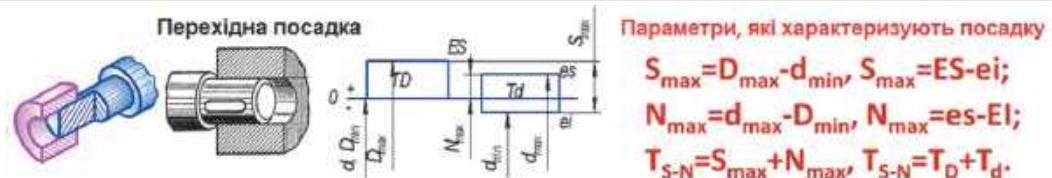


Рис. 3.2.9. Параметри перехідної посадки



Рис. 3.2.10. Система валу та отвору

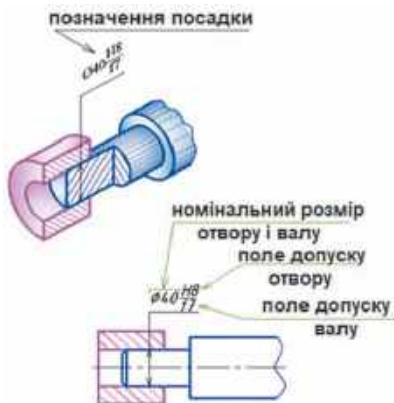


Рис. 3.2.11. Структура позначення посадки

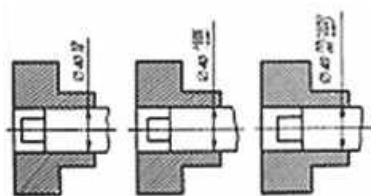


Рис. 3.2.12. Позначення допустимих відхилень

з основним валом). Система допусків у машинобудуванні призначена для сполучень циліндричних поверхонь, у яких сполучним розміром є діаметр. При цьому поверхню, що охоплює, є отвір, а охоплюваною — вал. Наприклад: при фрезеруванні стержнів і пазів під словом «отвір» мається на увазі паз, а під словом «вал» — стержень (рис. 3.2.10).

Щоб здійснити потрібну посадку, тобто отримати потрібний зазор або натяг між валом і отвором, можна призначити більший або менший розмір вала, залишаючи розмір отвору незмінним. Якщо діаметр вала буде більшим від діаметра отвору, отримаємо натяг (нерухому посадку); якщо діаметр вала буде меншим, отримаємо зазор (вільну посадку).

Можна здійснити потрібну посадку, тобто отримати потрібний зазор або натяг між валом і отвором, залишаючи розмір вала незмінним і призначаючи більший або менший розмір отвору. Якщо діаметр отвору призначимо меншим діаметра вала, отримаємо натяг (нерухому посадку); якщо ж діаметр отвору призначимо більшим, отримаємо зазор (вільну посадку).

Якщо слюсар бачить на кресленні номінальний розмір і біля нього букву і цифри, тобто умовні позначення системи допусків, посадки та класу точності, він ще не знає, які відхилення в розмірі деталі допустимі. Робітник повинен подивитися в таблицю допусків і знайти в ній граничні відхилення від номінального розміру для цієї системи, класу точності й посадки (рис. 3.2.11). Після цього, визначивши граничні розміри деталі, він може приступити до її обробки. Іноді замість умовного позначення посадки та класу точності поруч з номінальним розміром ставлять числове позначення відхилення від нього.

Величину допустимих відхилень вказують у кресленнях деталі зі знаками плюс і мінус. Знак мінус показує, що деталь може бути виготовлена з відхиленням в менший бік; знак плюс показує, що деталь може бути виготовлена з відхиленням у більший бік (рис. 3.2.12).

Поле допуску в Єдиній системі допусків і посадок (ЄСДП) створюється сполученням основного відхилення і класу точності. Основне відхилення характеризує положення поля допусків відносно нульової лінії, а клас — величину допуску.

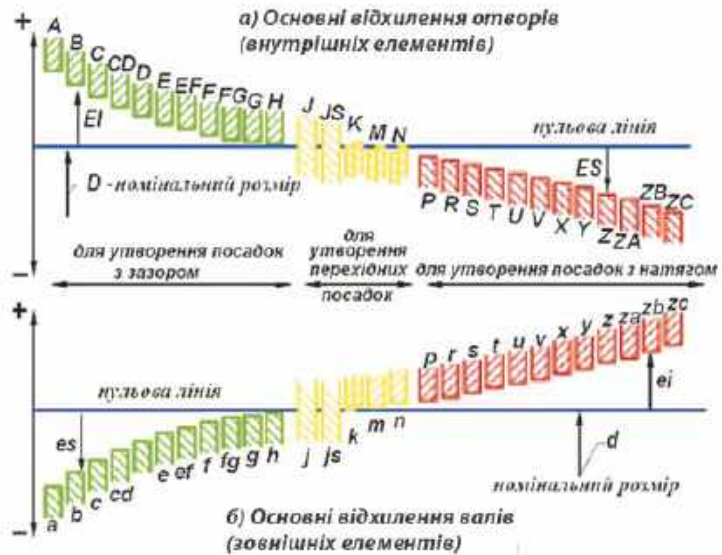


Рис. 3.2.13. Основні відхилення отворів і валів, прийняті в системі ЄСДП

Для створення полів допусків у ЄСДП в кожному інтервалі номінальних розмірів установлений ряд допусків із 19 квалітетів по 28 основних відхилень полів допусків валів і отворів. Основні відхилення позначають однією літерою (в окремих випадках двома для сполучень точного машинобудування) латинсько-го алфавіту: великими (A, B, C, CD, D тощо) — для отворів і малими (a, b, c, cd, d тощо) — для валів.

Основні відхилення валів залежать від номінальних розмірів і залишаються постійними для всіх квалітетів. Виняток — основні відхилення отворів J, K, M, N і валів j, k, які при однакових номінальних розмірах у різних квалітетах мають різні значення. На рисунку 3.2.13 поля допусків із відхиленнями J, K, M, N, j, k поділені на частини і показані східчастими.

Усі поля допусків (окрім Js і js, які розташовані симетрично відносно нульової лінії) обмежені горизонтальними лініями лише з одного боку: з нижнього, якщо поле допуску розташоване вище нульової лінії, або з верхнього, якщо воно розташоване нижче нульової лінії. При одному і тому самому номінальному розмірі для всіх квалітетів допуск має різні значення, а основні відхилення не змінюються.

Основними відхиленнями служать: для валів верхні відхилення — es , нижні відхилення — ei ; для отворів верхні відхилення — ES , нижні відхилення — EI . Основні відхилення отворів відносно нульової лінії є дзеркальним відбиттям основних відхилень валів.

Поля допусків основних отворів позначаються літерою H, а основних валів — h з додаванням номера квалітету, наприклад, H7, H8, H9 тощо, при цьому нижні відхилення завжди дорівнюють нулю, а відповідно h7, h8, h9 тощо, верхні відхилення завжди дорівнюють нулю.

Для читання розмірів на кресленні необхідно знати, що при умовному позначенні поля допуску спочатку зазначається основне відхилення, а далі квалітет, наприклад:

Ø20 K8:

де Ø20 — номінальний розмір отвору, мм;
K — відхилення поля допуску отвору;
8 — квалітет;

16g7:

де 16 — номінальний розмір вала, мм;
g — відхилення поля допуску вала;
7 — квалітет.

Нанесення граничних відхилень на кресленнях здійснюється згідно з ДСТ 2.307–13 трьома способами:

1. Умовними позначеннями полів допусків, наприклад, $20H7$; $14e8$.

2. Числовими значеннями граничних відхилень, наприклад, $20+0,021$; $14-0,032$.

3. Умовними позначеннями полів допусків із зазначенням справа в дужках числових значень граничних відхилень, наприклад $20H7^{(+0,021)}$; $14e8^{(-0,032)}$.

У всіх випадках спочатку зазначають номінальний розмір.

3.3. Відхилення від форми і розташування поверхонь

Незалежно від області застосування, будь-яку деталь виконують із заздалегідь заданою точністю. Для її визначення вводять допуски форми і розташування поверхонь. Чинні допуски форми і розташування поверхонь зведені у спеціальні стандарти. Кожен з них має свій індивідуальний графічний символ.

Відхилення форми (D) — відхилення форми реальної поверхні або реального профілю номінальної поверхні. При вимірюванні відхилень форми допускається їх кількісна оцінка щодо середнього елемента.

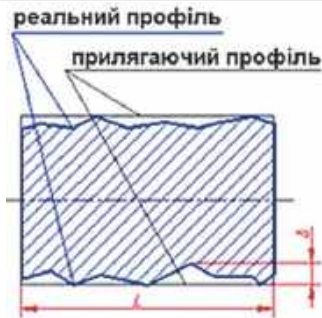


Рис. 3.3.1. Відхилення форми поверхні

Середній елемент — поверхня (профіль), що має форму номінальної поверхні (профілю) і розташована відносно реальної поверхні так, щоб середнє квадратичне відхилення точок реальної поверхні від середньої поверхні (профілю) в межах нормованої ділянки мало мінімальне значення.

При відліку від середнього елемента відхилення форми дорівнює сумі абсолютних значень найбільших відхилень точок реальної поверхні (профілю) по обидві сторони від середнього елемента (рис. 3.3.1).

Допуск форми (T) — найбільше допустиме значення відхилення форми.

Поле допуску форми — область в просторі або на площині, всередині якої повинні перебувати всі точки реального розглянутого елемента. Ширина або діаметр поля допуску визначається значенням допуску, а розташування щодо реальної поверхні визначається прилеглим елементом.

➤ **Залежно від виду допуску форми, поле допуску — це:**

- область у просторі, обмежена двома поверхнями, еквідистантними номінальній поверхні і віддаленими одна від одної по нормалі до них на відстані, рівній допуску форми поверхні;
- область у просторі, обмежена циліндром, діаметр якого дорівнює допуску форми осі (лінії) в просторі.
- область у просторі, обмежена прямокутним паралелепіпедом, сторони перетину якого рівні допускам форми осі (лінії) у двох взаємно перпендикулярних напрямках;
- область на площині заданого напрямку, обмежена двома лініями, еквідистантними номінальному профілю і віддаленими одна від одної по нормалі до них на відстані, рівній допуску форми профілю.

	Вид допуску	Знак
Допуски форми	прямолінійності	—
	площинності	
	округлості	
	профілю поздовжнього перерізу	=
	циліндричності	
Допуски розташування	паралельності	//
	перпендикулярності	
	нахилу	
	співвісності	
	симетричності	
	позиційний	
	перетину осей	

До відхилень і допусків форми належать (рис. 3.3.2):

- відхилення від прямолінійності, допуск прямолінійності;
- відхилення від площинності, допуск площинності;
- відхилення від круглості, допуск круглості;
- відхилення від циліндричності, допуск циліндричності;
- відхилення і допуск профілю поздовжнього перетину циліндричної поверхні.

Відхилення від прямолінійності в площині — найбільша відстань від точок реального профілю до прилеглої прямої — прилегла пряма в межах нормованої ділянки (рис. 3.3.3).

Видами відхилення від прямолінійності є **опуклість** і **увігнутість**.

Увігнутість — відхилення від прямолінійності, при якому віддалення точок реального профілю від прилеглої прямої збільшується від країв до середини (рис. 3.3.3, б).

Опуклість — відхилення від прямолінійності, при якому віддалення точок реального профілю від прилеглої прямої зменшується від країв до середини (рис. 3.3.3, в).



Рис. 3.3.3. Приклад відхилення: а — відхилення від прямолінійності у площині; б — увігнутість; в — опуклість

Рис. 3.3.4. Відхилення: а — від округлості; б — від овальності; в — від огранювання

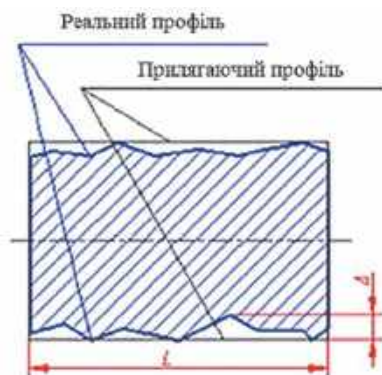
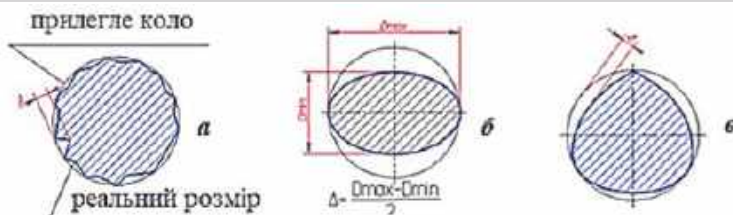


Рис. 3.3.5. Відхилення профілю поздовжнього перерізу циліндричної поверхні

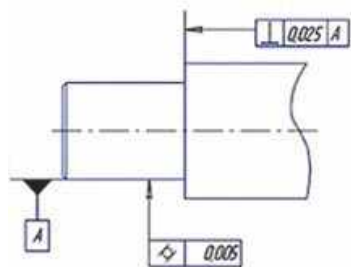


Рис. 3.3.7. Приклад позначення відхилення форми та розташування поверхні

Відхилення від круглості — найбільша відстань D від точок реального профілю до прилеглої окружності (рис. 3.3.4, а). Окремими видами відхилень від круглості є **овальність** і **огранювання** (рис. 3.3.4, б, в).

Відхилення профілю поздовжнього перерізу циліндричної поверхні — найбільша відстань D від точок реальної поверхні, які лежать у площині, що проходить через її вісь, до відповідної сторони прилеглого профілю (рис. 3.3.5).

Видами відхилення профілю поздовжнього перетину є **конусоподібність**, **бочкоподібність** і **сідлоподібність**.

Конусоподібність — таке відхилення профілю поздовжнього перерізу, при якому твірні є прямолінійними, але не паралельними (рис. 3.3.6, а).

Бочкоподібність — таке відхилення профілю, при якому твірні стають випуклими, тому що діаметри збільшуються від країв до середини розрізу (рис. 3.3.6, б).

Сідлоподібність — таке відхилення профілю поздовжнього перетину, при якому твірні стають непрямолинійними, а діаметри зменшуються від країв до середини перетину (рис. 3.3.6, в).

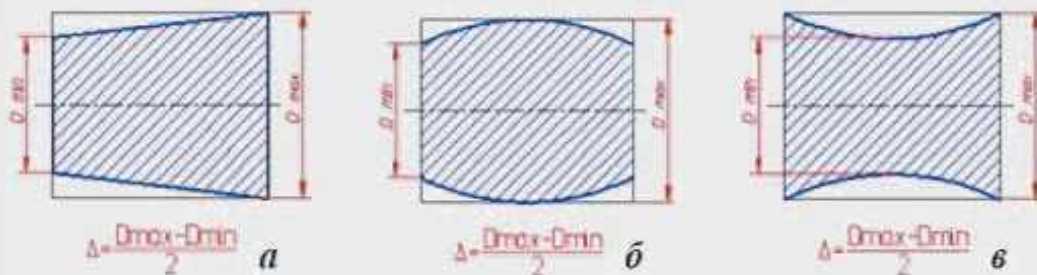


Рис. 3.3.6. Види відхилення профілю поздовжнього перетину: а — конусоподібність; б — бочкоподібність; в — сідлоподібність

3.4. Класи точності обробки поверхонь

Залежно від вимог, що ставляться до того чи іншого механізму, вузла, машини, їх деталі можуть бути виконані з різним ступенем точності. Інакше кажучи, одна і та ж посадка може бути виконана з різною точністю. Точність виготовлення характеризується *величиною допустимих відхилень від заданих розмірів і форми*. Для різних машин потрібні деталі з різною точністю обробки.

Точність обробки — це ступінь наближення форми виготовленої деталі до ідеальної геометричної форми, а її розмірів — до номінальних.

Ступінь точності розмірів тієї чи іншої деталі задається зазначеним у кресленні класом точності. ДСТУ на допуски й посадки встановлює 13 класів точності: 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. Найточнішим є клас 1, а в наступних (у порядку зростання) класах точність знижується. Допуск на

виготовлення деталей за 1-им класом найвужчий, а граничні розміри близькі до номінального. В інших класах допуск поступово збільшується. Класи точності 7, 8, 9, 10 і 11 мають порівняно великі допуски і зазвичай встановлюються на вільні розміри деталей, не призначених для сполучення.

➤ **У машинобудуванні деталі різних машин виготовляють за різними класами точності:**

- п'ять з них: 1-й, 2-й, 2а, 3-й, 3а — вимагають найбільшої точності обробки;
- два інших: 4-й і 5-й — меншої;
- три інших: 7-й, 8-й, 9-й — ще меншої.

➤ **Застосування класів точності в різних областях:**

- 1 клас точності застосовують при виготовленні особливо точних виробів. Унаслідок дуже малих допусків робота за цим класом точності вимагає високої кваліфікації робітника і точного обладнання, пристосувань та інструмента;
- 2 і 2а класи точності застосовують найбільш часто. За ними виготовляють відповідальні деталі верстатів, автомобільних, тракторних, авіаційних і електричних двигунів, текстильних та інших машин. Водночас у галузях машинобудування, що випускають зазначені машини, деталі менш відповідальних з'єднань виготовляють за 3-ім, 4-им, 5-им та іншими, більш грубими класами точності;
- 3 і 3а класи точності застосовують переважно у важкому машинобудуванні при виробництві турбін, парових машин, двигунів внутрішнього згоряння, трансмісійних деталей і т. д.;
- за 4 класом точності виготовляють деталі сільськогосподарських машин, паротягів, залізничних вагонів;
- 5 клас точності застосовують у машинобудуванні для невідповідальних деталей менш точних механізмів;
- 7, 8 і 9 класи точності застосовують при виготовленні більш грубих деталей і особливо при заготівельних операціях: лиття, штампування, медично-слюсарні роботи.

Вільні розміри деталей виконують, зазвичай, за 5 або 7 класом точності. Щоб показати, з якою посадкою і за яким класом точності потрібно виготовити деталь, у кресленнях на номінальних сполучених розмірах ставлять букву, що позначає посадку, і цифру, яка відповідає класу точності. Наприклад, *S4* означає: змінна посадка 4 класу точності; *H3* — ходова посадка 3 класу точності і т. д. Для посадок 2 класу точності (особливо розповсюджених) цифра 2 не ставиться. Тому, якщо в кресленні на сполучному розмірі поруч з буквою посадки немає цифри, то це означає, що деталь треба виготовити за 2 класом точності. Наприклад, *L* означає легкоходова посадка 2 класу точності.

3.5. Контроль якості виконання слюсарних робіт

Основним критерієм оцінки якості виконаних слюсарних робіт є точність виготовлених деталей.

Точність — це ступінь відповідності геометричної форми і розмірів готової деталі геометричній формі і розмірам, заданих на кресленнях.

Неможливо отримати абсолютно точні й однакові розміри деталей при виготовленні їх вручну слюсарним методом, хоча найчастіше при використанні різного роду інструментів слюсарі-інструментальники досягають високого ступеня точності обробки деталей.

При звичайній слюсарній роботі точність виготовлення деталей є значно нижчою, ніж точність, що досягається механічною обробкою на верстатах. Правильне технічне вимірювання і перевірка розмірів, геометричної форми і стану поверхні — важливі умови якісного виготовлення деталей. Точність обробки і чистота поверхні залежать від *точності вимірювання*.

Вимірювання полягає в порівнянні вимірюваної величини з іншою однорідною величиною, яку називають **одиноцею вимірювання**.

➤ **Залежно від застосовуваних вимірювальних засобів розрізняють два методи вимірювання:**

- **абсолютний метод вимірювання**, який полягає у визначенні значення всієї вимірюваної величини. Нульова точка шкали вимірювального приладу встановлюється в нульовій точці вимірюваного виробу, від якої починається відлік;
- **відносний метод вимірювання** — при ньому визначається значення не всієї вимірюваної величини, а її відхилення від установленної міри або зразка. Нульова точка приладу налаштовується не на нульову точку вимірюваного виробу, а на який-небудь певний заданий розмір.

➤ **Методи вимірювання поділяють на:**

- **контактний** — проводиться шляхом безпосереднього дотику вимірювальної частини приладу з поверхнею вимірюваного виробу. За цим методом проводиться найбільше вимірювань;

- безконтактний — при вимірюванні прилад не торкається вимірюваною частиною до виробу. Цим методом проводять вимірювання за допомогою проєкційних, пневматичних і ємнісних приладів.

Усі засоби вимірювання та контролю, які застосовують у слюсарній справі, можна поділити на *контрольно-вимірювальні інструменти* та *вимірювальні прилади*.

➤ **До контрольно-вимірювальних інструментів належать:**

- інструменти для контролю площинності і прямолінійності;
- плоскопаралельні кінцеві міри довжини (плитки), штрихові інструменти, що відтворюють будь-яке кратне або дробове значення одиниці виміру в межах шкали (штангенінструменти);
- мікрометричні інструменти, засновані на дії гвинтової пари (мікрометри).

➤ **До вимірювальних інструментів належать:**

- важільно-механічні (індикатори);
- оптико-механічні (оптиметри);
- електричні (профілометри).



Рис. 3.5.1. Масштабна лінійка



Рис. 3.5.2. Рулетка

Масштабна лінійка застосовується для вимірювання зовнішніх і внутрішніх лінійних розмірів і відстаней (рис. 3.5.1). На неї нанесені поділки, штрихи, зазвичай через кожен міліметр, а іноді через пів міліметра. Іноді наноситься дюймова шкала. Точність вимірювання міліметровою масштабною лінійкою — 0,5 мм. Найбільш поширені такі розміри масштабних лінійок: довжина 150, 300, 500 і 1000 мм, ширина від 15 до 35 мм, товщина від 0,3 до 1,5 мм. Масштабні лінійки виготовляють з вуглецевої інструментальної сталі У7 або У8.

Рулетка застосовується для вимірювання великих лінійних розмірів, а також довжини кіл (рис. 3.5.2). Це сталева стрічка завдовжки 1000, 2000, 5000, 10000, 15000, 20000, 25000 мм з міліметровими поділками при розмірі до 5000 мм і сантиметровими — при розмірі 5000–25000 мм. Стрічка

поміщається в круглому футлярі із закріпленою в центрі віссю. При користуванні стрічку витягають за вільний кінець. Зворотне намотування проводиться за допомогою ручки.

Кронциркуль і нутромір служать для вимірювання лінійних розмірів з подальшим їх відліком по масштабній лінійці. Зовнішні розміри вимірюються кронциркулем, внутрішні — нутроміром. Різниця між кронциркулем і нутроміром по-



Рис. 3.5.3. Вимірювальний інструмент:
а — кронциркуль; б — нутромір

лягає тільки у формі ніжок. Кронциркуль (рис. 3.5.3, а) має криві ніжки, а нутромір (рис. 3.5.3, б) — прямі з вигнутими назовні кінцями.

Кронциркуль і нутромір виготовляють зі сталі У7–У8. Їх вимірювальні кінці на довжині близько 20 мм гартують. При вимірюванні деталі кронциркулем або нутроміром беруть інструмент правою рукою за шарнірну частину і розсовують ніжки приблизно на перевірочний розмір. Потім легкими ударами зближують ніжки так, щоб вони торкалися губками до поверхні вимірюваної деталі без хитання і просвіту. При цьому інструмент треба тримати строго перпендикулярно до осі вимірюваної деталі. Після зняття розміру з деталі кронциркуль обережно прикладають до масштабної лінійки так, щоб одна ніжка впиралася в торець лінійки. Злегка підтримуючи цю ніжку мізинцем лівої руки, накладають другу ніжку на лінійку і відраховують отриманий розмір. Перевага пружинних кронциркулів полягає в тому, що їх ніжки розводять не рукою, а за допомогою установчого гвинта і гайки. При цьому положення ніжок не збивається в разі необережного удару. За допомогою кронциркуля і нутроміра можна робити виміри з точністю до 0,5 мм.



Рис. 3.5.4. Лекальна лінійка: а — з двостороннім скосом; б — тригранна; в — чотиригранна

Лінійки лекальні повірочні застосовують для перевірки площин на прямолінійність (рис. 3.5.4). При обробці площин найчастіше користуються перевіркою лекальною лінійкою, яка має скошений під кутом 45° кінець, що дає можливість перевіряти прямолінійність деталей з кутами.

➤ **Лекальні лінійки виготовляють трьох типів:**

- з двостороннім скосом (ЛД) довжиною 80, 125, 200, 320 і 500 мм;
- тригранні (ЛТ) — 200 і 320 мм;
- чотиригранні (ЛЧ) — 200, 320 і 500 мм.

Виготовляють лекальні лінійки з вуглецевої або легованої сталі. Для перевірки прямолінійності накладають на поверхню, що перевіряється, і ведуть перевірку проти світла. Якщо на площині є які-небудь нерівності, то світло буде проходити в проміжки між лінійкою і западинами на площині.

Перевірочне тонке ребро закруглене під радіусом 0,1–0,2 мм, що дозволяє нахилити лінійку до 30° і таким чином краще бачити світлову щілину між нею і

Рис. 3.5.8. Штангенциркулі: *а* — ШЦ-I; *б* — ШЦ-II; *в* — ШЦ-III

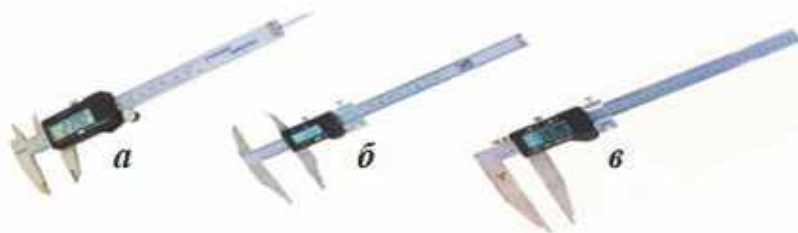


Рис. 3.5.5. Повірочна плита



Рис. 3.5.6. Косинець



Рис. 3.5.7. Малки: *а* — проста; *б* — подвійна

поверхню, яка перевіряється. Тригранні повірочні лінійки виготовляють з кутами 45° , 55° , 60° .

Повірочні плити застосовують для перевірки широких поверхонь способом «на фарбу», а також використовують як допоміжні пристосування при різних контрольних роботах у цехових умовах (рис. 3.5.5). Плити виготовляють з сірого дрібнозернистого чавуну. За точністю робочої поверхні плити бувають чотирьох класів: 0, 1, 2 і 3. Перші три класи — повірочні плити, четвертий — розмічальні.

Косинці застосовують для перевірки зовнішніх і внутрішніх прямих кутів (рис. 3.5.6). Існують цілісні косинці, виготовлені з одного шматка металу і розкладні, зроблені з двох частин. Сторони кутника мають різну довжину. Довжина короткої сторони дорівнює приблизно $2/3$ довгої сторони.

Косинці виготовляють з вуглецевої інструментальної сталі У8 або легованої інструментальної ХГ і загартовують.

Для перевірки прямих кутів косинець накладають на деталь, що перевіряється. При перевірці зовнішнього кута косинець накладають на деталь його внутрішньою частиною, а при перевірці внутрішнього кута — зовнішньою частиною.

Малки призначені для контролю і перенесення кутів різної величини на поверхню, що розмічається. Існують малки **прості** і **подвійні** (рис. 3.5.7). Проста малка складається з обойми і лінійки, вміщеній на шарнірі між двома планками обойми.

Шарнірне кріплення дозволяє лінійці займати щодо обойми положення під будь-яким кутом. Малку встановлюють на необхідний кут за зразком деталі, за кутовими плитками або за транспортером. Простою малкою можна переносити одночасно тільки один кут. Подвійна малка складається з трьох лінійок, тому нею можна переносити одночасно два різних кути.

Штангенінструменти застосовують для вимірювання зовнішніх і внутрішніх діаметрів, довжин, товщин, глибин (рис. 3.5.8). Штангенциркулі виготовляють трьох типів: ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III, з межами вимірювань відповідно: 0–125 мм



Рис. 3.5.9. Штангенглибиномір



Рис. 3.5.10. Штангенрейсмуси

(ШЦ-I), 0–160 (ШЦ-II), 0–400 (ШЦ-III) і величиною відліку 0,1 мм (ШЦ-I) і 0,05 мм (ШЦ II, ШЦ-III).

Перед вимірюванням при зімкнутих губках нульові штрихи ноніуса і штанги повинні збігатися. При вимірюванні деталей беруть лівою рукою поза губками і недалеко від них. Права рука повинна підтримувати штангу, при цьому великим пальцем цієї руки рухають рамку до зіткнення губок з поверхнею, яка перевіряється, не допускаючи перекосу губок при нормальному вимірювальному зусиллі. Великим і вказівним пальцями правої руки рамку закріплюють затискачем, підтримуючи штангу іншими пальцями цієї руки. Ліва рука при цьому повинна підтримувати губку штанги. При читанні показань штангенциркуль тримають прямо перед очима. Ціле число міліметрів відраховують за шкалою штанги зліва направо нульовим штрихом ноніуса. Дробова величина визначається множенням величини поділки на порядковий номер штриха ноніуса, що збігається зі штрихом штанги.

Штангенцикуль ШЦ-II з величиною відліку по ноніусу 0,05 мм призначений для зовнішніх і внутрішніх вимірювань і розмітки. Це високоточний інструмент. Верхні губки штангенциркуля загострені і використовуються для розмічальних робіт. Ціна поділки ноніуса становить 1,95 мм. Для точної установки рухомої рамки щодо штанги штангенцикуль забезпечений мікрометричною подачею (гвинтом і гайкою).

Штангенцикуль ШЦ-III з величиною відліку по ноніусу 0,05 мм призначений для зовнішніх і внутрішніх вимірювань. Ціна поділки ноніуса становить 0,98 мм.

Штангенглибиномір служить для вимірювання висот, глухих отворів, канавок, пазів, виступів (рис. 3.5.9). Штангенглибиноміри виготовляють з межами вимірювань 0–250 мм (величина відліку по ноніусу 0,05 мм) і 0–500 мм (величина відліку по ноніусу 0,1 мм). У деяких випадках для вимірювання важкодоступних місць застосовують глибиномір зі штангами із зігнутих кінцем.

Штангенрейсмуси призначені для вимірювання висот від плоских поверхонь і точної розмітки (рис. 3.5.10). Вони складаються з підставки, в яку жорстко закріплена штанга зі шкалою, рамки з ноніусом і стопорним гвинтом, пристрою для мікрометричної подачі, змінних ніжок з вістрям для розмітки і для вимірю-

Рис. 3.5.11. Мікрометри: а; б — МК (гладкі) — для вимірювання зовнішніх розмірів; в — МЛ (листові з циферблатом) — для вимірювання товщини листів і стрічок; г — МЗ (зубомірні) — для вимірювання зубчастих коліс



вання висоти з двома вимірювальними поверхнями, стопорного гвинта для закріплення ніжки й утримувача на виступі рамки для голок різної довжини.

Для перевірки нульового відліку перед використанням штангенрейсмуса встановлюють на повірочну плиту і рамку опускають вниз до контакту вимірювальної поверхні ніжки з плитою, при цьому нульовий штрих шкали ноніуса повинен збігатися з нульовим штрихом шкали штанги. Показання штангенрейсмуса читають так само, як і штангенциркуля. При вимірюванні висоти верхньої вимірювальної площини необхідно до отриманого розміру додати висоту ніжок.

Мікрометр — прилад для вимірювання лінійних розмірів контактним способом (рис. 3.5.11).

► **Існують наступні типи мікрометрів:**

- МК (гладкі) — для вимірювання зовнішніх розмірів;
- МЛ (листові з циферблатом) — для вимірювання товщини листів і стрічок;
- МЗ (зубомірні) — для вимірювання зубчастих коліс.

Мікрометри типу МК випускають з межами: 0–5; 0–10; 0–15; 0–25; 25–50; 50–75; 75–100; 100–125; 125–150; 150–175; 175–200; 200–225; 225–250; 250–275; 275–300; 300–400; 400–500; 500–600 мм. Мікрометри з верхньою межею вимірювання 50 мм і більше постачають установчими мірами (точними циліндричними стержнями).

Мікрометр має скобу з п'ятою на одному кінці, на іншому — втулку-стебло, всередину якої вкручено мікрометричний гвинт. Торці п'яти і мікрометричного гвинта є вимірювальними поверхнями. На зовнішній поверхні стебла проведена поздовжня лінія, нижче від якої нанесені міліметрові поділки, а вище від неї — пів міліметрові поділки. Гвинт жорстко зв'язаний з барабаном, на конічну частину барабана нанесена шкала (ноніус) з 50 поділами. Крок мікрометричного гвинта дорівнює 0,5 мм. На головці мікрометричного гвинта є пристрій, що забезпечує постійне вимірювальне зусилля. Для фіксування отриманого розміру служить стопор. Перед вимірюванням перевіряють нульове положення мікрометра.

Мікрометричний глибиномір з точністю вимірювання 0,01 мм застосовують для вимірювання глибини пазів, отворів і висоти уступів до 100 мм (рис. 3.5.12). Глибиноміри виготовляють зі змінними вимірювальними стержнями для



Рис. 3.5.12. Мікрометричний глибиномір





Рис. 3.5.13. Мікрометричний нутромір



Рис. 3.5.14. Набір кінцевих мір

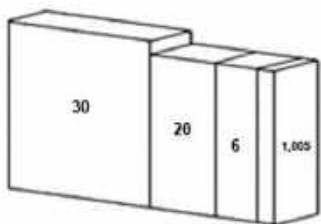


Рис. 3.5.15. Готовий блок

вимірювання в межах 0–25; 25–50; 50–75 і 75–100 мм. Крок мікрометричного гвинта — 0,5 мм. Перед вимірюванням перевіряють нульове положення глибиноміра. При вимірюванні лівою рукою притискають підставку глибиноміра до верхньої поверхні деталі, а правою за допомогою тріскачки в кінці ходу доводять вимірювальний стержень до дотику з іншою поверхнею деталі. Потім стопорять мікрометричний гвинт і читають розмір.

Мікрометричний нутромір з ціною поділки 0,01 мм призначений для вимірювання внутрішніх розмірів від 1250 до 10 000 мм (рис. 3.5.13). Нутроміри з межами вимірювань 1250–4000 мм і більше поставляють з двома головками: мікрометричною і мікрометричною з індикатором.

Мікрометричний нутромір має стебло, в отвір якого вставлений мікрометричний гвинт. Кінці стебла і мікрометричний гвинт мають сферичні вимірювальні поверхні. На гвинт насаджений барабан з настановною гайкою. У встановленому положенні мікрогвинт закріплюють стопором. Для вимірювання отворів понад 63 мм використовують подовжувальні стержні з розмірами: 25, 50, 100, 150, 200 і 600 мм. Без подовжувачів вимірюють розміри від 50 до 63 мм. Перед встановленням подовжувача зі стебла викручують гайку, а після приєднання подовжувача її нагвинчують на різьбовий кінець стержня подовжувача. Перед вимірюванням мікрометричну головку встановлюють по настановній скобі на вихідний розмір, перевіряють нульове положення, а потім вибирають подовжувач. Вимірювання нутроміром отворів проводиться по взаємно перпендикулярних діаметрах. Відшукавши найбільший розмір, стопорять мікрогвинт і читають розмір.

➤ **Набір кінцевих мір довжини КМД (рис. 3.5.14) призначений для:**

- регулювання і налаштування показів вимірювальних приладів і для безпосереднього вимірювання лінійних розмірів промислових виробів;
- зразкових мір для передачі розміру одиниці довжини від первинного етапу кінцевих мір меншої точності і для повірки та градування вимірювальних приладів.

Набори виготовляються за ГОСТ 9038–90:

- набір №2 кінцевих мір зі сталі класу точності 1 — кінцеві міри 1–Н2 ГОСТ 9038–90;
- набір №3 кінцевих мір з твердого сплаву класу точності 2 — кінцеві міри 2–Н3–Т ГОСТ 9038–90.

Кінцеві міри довжини мають форму прямокутного паралелепіпеда або циліндра з двома плоскими взаємно паралельними поверхнями. Необхідно створювати блоки з найменшої кількості мір, тому що похибка блоку буде складатися з похи-

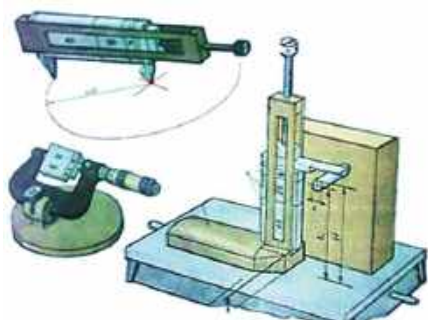


Рис. 3.5.16. Міри на вимірювальних приладах

бок окремих мір, що входять до блоку (рис. 3.5.15). Наприклад, за допомогою набору можна скласти будь-який блок довжиною до 100 мм не більше ніж з 4-х мір. Для складання блоку мір найменшої довжини (1,005) міру притирають до плоскої скляної пластини, насуваючи її на пластину. Міру вважають притертою, якщо її можна зрушити з місця з зусиллям не меншим, ніж зусилля, яке було докладено при її притиранні. При притиранні мір одна до одної можна не користуватися плоскою скляною пластиною; при притиранні кінцеві міри маленької довжини доцільно розміщати між мірами великої довжини.

➤ Правила поводження з кінцевими мірами

- Не брати проміти кінцеві міри руками, а тільки тканиною.
- Тримати міри за неробочі поверхні.
- Міри довжиною до 5,5 мм кладуть на вимірювальні прилади робочими поверхнями (рис. 3.5.16), а довші 5,5 мм — неробочими.
- Не притирають робочі поверхні до неробочих. Це спричиняє появу подряпин на робочих поверхнях.
- Вимірювання проводять при температурі навколишнього середовища $t = 20^{\circ}\text{C}$.
- Вимірюваний об'єкт треба начисто витерти від бруду і промити бензином.
- Площини, безпосередньо дотичні при вимірюванні з плитками, не повинні мати забоїв, задирок.
- При роботі з плитками неприпустимо торкатися руками до мірних поверхонь.
- Вимірювальні плитки і пристосування до них не можна піддавати ударам і падінню.
- Після роботи плитки необхідно промити першосортним бензином, насухо витерти і змастити безкислотним бензином.

Калібри — безшкальні засоби вимірювальної техніки, призначені для контролю, який відтворює геометричні параметри елементів виробу, що визначаються заданими граничними лінійними чи кутовими розмірами, і контактує з елементом виробу поверхнями, лініями чи точками (рис 3.5.17). Калібри визначають не числове значення вимірюваних величин, а служать тільки для перевірки гра-

Рис. 3.5.17. Різновиди калібрів (калібр-пробки циліндричні, різьбові, конусні та калібр-скоби)



ничних розмірів деталей і визначення придатності як розмірів деталей, так і самої деталі.

За допомогою калібрів з'ясовують, виходить чи не виходить розмір, що перевіряється, за нижню або верхню межу розміру, тобто чи є дійсний розмір у полі допуску.

Придатність контрольованої граничними калібрами деталі визначається характером сполучення калібру з її вимірюваними поверхнями: прохідна сторона калібру повинна проходити через контрольовану деталь, а непрохідна сторона — не проходити через цю деталь.

Зазначені вимірювальні інструменти виготовляють з цільного металевого бруска. На обох кінцях розташовують циліндричні елементи заданого діаметра. Тому їх поділяють на такі класи: **вимірювальні, різьбові, гладкі** (односторонні або двосторонні), **прохідні і граничні**.

Кожен пристрій конструктивно складається з таких елементів: ручки (з нанесеним рифленням за ДСТУ), вставки, шпонки та фіксувального гвинта.

Методи перевірки калібрів для отворів і валів встановлені інструкцією Комітету стандартів № 71–58.

➤ **За технологічним призначенням розрізняють:**

- робочі калібри, призначені для контролю деталей безпосередньо у процесі їх виготовлення;
- калібри для перевірки деталей контролерами відділу технічного контролю (ВТК);
- прийомні калібри, що використовуються замовником для контролю виробів;
- контрольні калібри (або контркалибри) — застосовуються для перевірки робочих і прийомних калібрів.

Відмінності цих калібрів полягають лише в їх розмірах відносно поля допуску розміру деталі, що перевіряється.

➤ **При маркуванні калібрів встановлені наступні умовні позначення:**

- Р-ПР — робочий калібр, прохідна сторона;
- Р-НЕ — робочий калібр, непрохідна сторона;
- П-ПР — приймальний калібр, прохідна сторона;
- П-НЕ — приймальний калібр, непрохідна сторона;
- К-ПР — контрольний калібр для прохідного боку нових робочих калібрів;
- К-НЕ — контрольний калібр для непрохідного робочого калібру;
- К-І — контрольний калібр для контролю зношеної прохідної сторони робочого калібру;
- К-П — контркалибр, призначений для контролювання прохідних сторін приймальних калібрів.

Наприклад: якщо на калібр-пробці є маркування П-ПР 60А3, це означає, що цей прохідний приймальний калібр призначений для контролю отворів діаметром 60 мм з полем допуску на А3.

Р-ПР 080 ШЗ означає, що це робочий прохідний калібр для перевірки вала діаметром 80 мм широкоходової посадки 3-го класу точності.

Нині застосовують такі види калібрів: *гладкі калібр-пробки, скоби, щупи* (звичай плоскі пластини певної товщини для вимірювання зазору між деталями, тобто перевірки його дозвolenої величини), *конусні* (насадка має форму конуса під заданим кутом нахилу), *для взаємного розташування поверхонь, різьбові калібри* (для контролю циліндричної різьби різних розмірів).



Рис. 3.5.18. Щупи

Щупи застосовують для визначення величини зазору між сполучними поверхнями. Це набір тонких сталевих пластин з паралельними вимірювальними поверхнями.

Щупи різної товщини зібрані на загальній осі між двома більш товстими пластинками, які виконують роль футляра (рис. 3.5.18.).

Щупи випускають 1-го і 2-го класів точності з товщиною пластин від 0,02 до 1 мм. Щупи довжиною 100 мм виготовляють наборами та окремими пластинами, а щупи довжиною 200 мм — окремими пластинами.

➤ **Комплектують чотири набори щупів:**

- № 1 дев'ять щупів з товщиною: 002; 003; 004; 005; 006; 007; 008; 009; 01 мм.
- № 2 сімнадцять щупів з товщиною: 002; 003; 004; 005; 006; 007; 008; 009; 01; 015; 02; 025; 03; 035; 04; 045; 05 мм.
- № 3 десять щупів: 055; 06; 065; 07; 075; 08; 085; 09; 095; 10 мм.
- № 4 десять щупів з товщиною: 01; 02; 03; 04; 05; 06; 07; 08; 09; 1 мм.

При вимірюванні зазорів пластинки набору одну за одною обережно проштовхують в щілину між сполучуваними деталями доти, поки одна з них щільно не ввійде у вимірюваний зазор. Товщина щупа вкаже величину вимірюваного зазору. У ряді випадків пластинки набору складають одну з іншою в різних комбінаціях для отримання потрібних розмірів.

Користуватися щупами, особливо тонкими, потрібно дуже обережно, оскільки вони можуть зігнутися.



РОЗДІЛ 4. МАТЕРІАЛИ У СЛЮСАРНІЙ СПРАВІ

4.1. Класифікація матеріалів

Склад, структуру, властивості й поведінку матеріалів залежно від впливу довкілля вивчає **матеріалознавство**.

Будь-який компонент конструкцій або споруд піддається навантаженням та впливові як з боку інших компонентів, так і з боку довкілля. Вплив довкілля буває *тепловим, електричним, магнітним*.

У машинобудуванні використовують **металеві, неметалеві й композиційні** матеріали.

- **Металеві матеріали** поділяються на *кольорові метали, порошкові матеріали*.
- **Неметалеві матеріали** — *гума, скло, кераміка, пластичні маси, ситали*.
- **Композиційні матеріали** є складними матеріалами, до складу яких входять два і більше матеріалів (*склопластики*).

Залежно від виду напівфабрикатів матеріали поділяють на: *листи, порошки, гранули, волокна, профілі*.

Матеріали чорної металургії: *сталь, чавуни, феросплави, сплави, в яких основний компонент — залізо*.

Матеріали кольорової металургії: *алюміній, мідь, цинк, свинець, нікель, олово*.

Сьогодні метали є найбільш універсальним за застосуванням класом матеріалів. Для того щоб підвищити якість і надійність виробів, потрібні нові матеріали. Для розв'язання цих проблем застосовуються **композиційні, полімерні, порошкові матеріали**.

Метали — речовини, які володіють ковкістю, блиском, електропровідністю і теплопровідністю (рис. 4.1.1).

У техніці всі металеві матеріали називають металами і ділять на дві групи.

Прості метали — метали, які мають невелику кількість домішок інших металів.

Складні метали — метали, які представляють поєднання простого металу як основи з іншими елементами. Три чверті всіх елементів у періодичній системі є металами.



Рис. 4.1.1. Метали

4.2. Металеві матеріали

У наш час найбільше застосовуються *залізовуглецеві (металеві) сплави*. Так, наприклад, у машинобудуванні на їх частку припадає 90 % від усієї маси металів. На підприємствах слюсарі обробляють деталі різних машин зі складовими частинами, верстатів, механізмів і приладів, зі складанням, налагодженням машин, а також виготовляють інструменти для обробки металів.

Деталі різних машин мають однакову форму й одну назву, але різняться розмірами й матеріалами, з яких вони виготовлені.

➤ **Наприклад, часто повторювані деталі:**

- деталі, за допомогою яких проводиться рух машин або механізмів, — вали гладкі, колінчасті, зубчасті, кривошипи, шатуни, зубчасті колеса, осі, підшипники;
- деталі, які служать для проводки і переміщення в машині рідин і газів, — труби, крани, клапани, поршні, золотники;
- кріплення машин — гвинти, болти, гайки, заклепки, штифти.

До слюсаря деталі надходять як в готовому вигляді для їх пригонки, переробки або ремонту, так і у вигляді напівфабрикатів — заготовок.

Заготовка — це шматок металу (виливки, поковка, вид прокату), що за своєю формою і розмірами грубо наближається до готового виробу.

Лише після обробки на верстатах або слюсарним способом заготовка перетворюється у готовий виріб, з передбаченими кресленням формами, розмірами та станом поверхні.

Слюсарю часто доводиться самому робити заготовки для деталі або інструмента з наявного матеріалу на підприємстві. Чорні й кольорові метали — це основні матеріали для виготовлення деталей різних машин та інструментів. До чорних металів належать *залізо, чавун і сталь*.

До сталі належать сплави заліза з вуглецем, кількість якого становить від 0,01 до 2,14 % (рис. 4.2.1, а).

До чавунів належать сплави заліза з вуглецем, кількість якого становить від 2,14 до 6,67 %. Крім того, в чавуні є домішки кремнію, марганцю, фосфору і сірки (рис. 4.2.1, б).



Рис. 4.2.1. Залізовуглецеві сплави: а — сталь; б — чавун



Рис. 4.2.2. Різновид чавуну: а — білий; б — сірий; в — приклад маркування чавунів

Ці матеріали є сплавами чистого заліза з різними елементами, зокрема з вуглецем, марганцем, кремнієм. Особливо важливе значення для виплавки чорних металів має вуглець.

Залізо з вмістом вуглецю від 0,05 % до 0,15 % добре гнеться, кується і легко обробляється на прокатних станах, різальним інструментом на верстатах і вручну.

Залізо з вмістом до 1 % вуглецю називається *зварювальним залізом*. Має волокнисту будову і використовується для виготовлення болтів, заклепок та інших деталей, що піддаються при роботі поштовхам або ударам.

Для виробництва сортового заліза різних видів: круглого, квадратного, смугового, фасонного (куточків, швелерів) застосовують вуглецеве залізо, яке має назву *лите залізо*.

Чавуни ділять на два основних види — **білий** і **сірий** (рис. 4.2.2).

Білий чавун (маркують літерами ВЧ) дуже твердий і крихкий, мало придатний для обробки звичайним різальним інструментом. Через це його рідко використовують у виробництві деталей, зазвичай переробляють у сталь, тому і називають також *переробним*.

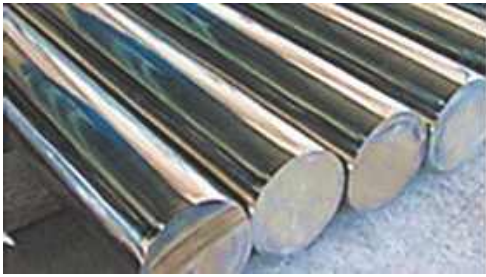
Сірий чавун (маркують літерами СЧ) крихкий, як і білий, але більше в'язкий і добре обробляється інструментами.

Чавун, який дуже в'язкий і легко виносить удари, але куванню не піддається називають **ковким** (маркується літерами КЧ).

За способом отримання розрізняють: *сталь мартенівську* (основну і кислу); *сталь бесемерівську*; *сталь томасівську* і *електросталь*. Її виплавляють у мартенівських печах, бесемерівських конвертерах або електричних печах.

Отриманий в доменній печі чавун відливають у форми, в яких отримують злитки, які називають **чушками**. Чавунні чушки після їх охолодження перевозять в сталеплавний цех і піддають подальшій обробці. Властивості виплавленого в доменних печах чавуну, а також технологічний процес отримання певного сорту сталі визначають вибір способу отримання сталі (наприклад, мартенівський, бесемерівський). Отриману в плавильній печі сталь заливають у форми. Остигла в виливницях сталь називається *злитком*.

У прокатному цеху злитки піддають пластичній холодній або гарячій обробці. У результаті такої обробки, а також у результаті обробки різанням отримують різноманітні напівфабрикати й готові вироби.



А — азот, Б — ніобій, В — вольфрам, Г — марганець,
Д — мідь, Е — селен, К — кобальт, М — молібден,
Н — нікель, П — фосфор, Р — бор, С — кремній,
Т — титан, Ф — ванадій, Х — хром, Ц — цирконій,
Ч — РЗМ, Ю — алюміній тощо

легована сталь
С - 0,12 % Тi - до 1,5 %
12Х18Н10Т
Cr - 18 % Ni - 10 %

Рис. 4.2.3. Легована сталь та її маркування

Ливарні чавуни для виготовлення з них заготовок деталей переплавляють у плавильних печах, які називають **вагранками**. Виливання здійснюють у земляні або металеві форми — **кокілі**. Щоб надати, наприклад, підвищену міцність чи інші механічні властивості чавуну чи сталі, в них вводять при плавленні різні речовини, зокрема, хром, нікель. Такий чавун називається **легованим**.

Сталь за вмістом вуглецю займає проміжне місце між залізом і чавуном. У порівнянні з іншими металами сталь легко піддається обробці, гартуванню, від якої твердість сталі стає вищою. Для багатьох виробів зі сталі гартування необхідне. Деякі виготовлені зі сталі металорізальні інструменти, треба гартувати для того, щоб надати їм необхідну для різання металу та матеріалів твердість.

Елементи, які спеціально вводять у сталь для отримання необхідних властивостей, називають **легуючими**. Ці компоненти змінюють її механічні, фізичні та хімічні властивості. Для легування сталі застосовують (позначають буквами і цифрами) Х — хром, Н — нікель; Г — марганець, С — кремній; в — вольфрам, М — молібден, Ф — ванадій, К — кобальт, Т — титан, Ю — алюміній, Д — мідь. Ці легуючі елементи додають для покращення механічних властивостей. Велику міцність сталі надає додавання марганцю; вольфрам надає твердість; хром — твердість і стійкість до корозії; нікель підвищує в'язкість і стійкість до корозії; молібден — міцність і твердість; кремній підсилює пружність. Сталі з додаванням легуючих елементів називаються **легованими** (рис. 4.2.3).

У виробництві вуглецеві і леговані сталі діляться на **конструкційні**, або виробні, та **інструментальні**. Виробляються також спеціальні сталі з особливими фізичними властивостями (наприклад, трансформаторна, нержавіюча чи жароміцна сталь). Для розпізнавання видів сталі на них ставлять клеймо, яке називають **маркою**.

Вуглецеві конструкційні сталі звичайної якості мають марки, що складаються з таких букв і цифр: Ст. О, Ст. 1, Ст. 2, Ст. 3 і до Ст. 7.

Конструкційна якісна сталь маркують цифрами 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70. Цифри показують середній уміст вуглецю в сотих частках відсотка. Наприклад, сталь марки 30 містить 0,30%, точніше від 0,25 до 0,35% вуглецю. Цей вид сталі використовують у виробництві відповідальних деталей машин.

Вуглецеві інструментальні сталі мають марки У7, У8, У9, У10, У12, У13. Буква У вказує, що сталь вуглецева. Цифра показує вміст вуглецю в десятих частках

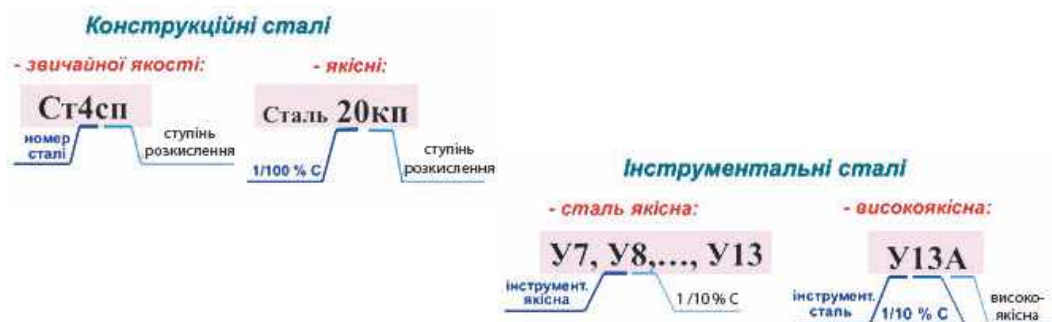


Рис. 4.2.4. Приклад маркування сталей

відсотка (рис. 4.2.4). Як вказує сама назва, цей вид сталі використовується для виготовлення інструментів, зокрема зубил, ножів, пил по металу, різців, свердел, розгорток, шаберів, кернерів, мітчиків, молотків.

Двозначні числа, які стоять перед буквою, вказують на вміст вуглецю в десятих або сотих частках відсотка. При вмісті вуглецю менше ніж 1% ці цифри відсутні. Цифри, що стоять після букви, показують вміст легуючої речовини, яку цією буквою позначено, в цілих відсотках. Якщо така цифра за буквою не стоїть, значить вміст легуючої речовини менше одного відсотка, наприклад, сталь марки 15Х містить 0,15% вуглецю і менше ніж 1% (0,7–1,0%) хрому.

Буква А в кінці маркування сталі, вказує, що легована конструкційна сталь цієї марки є високоякісною зі зниженим вмістом сірки і фосфору, наприклад 15ХА.

Леговані інструментальні сталі позначаються марками В1, В2, ХГХ, 9ХВГ. Буквами позначають легуючі речовини, а вміст вуглецю в цих сталях менш як 1%. З легованих інструментальних сталей виготовляють контрольно-вимірвальні інструменти.

Нержавіюча сталь позначається буквами Х (хромиста) ХН (хромонікелева), шарикопідшипникова — буквою Ш.

Приклад: нержавіюча сталь складу $C < 0,08\%$, $Cr = 17,0\text{--}19,0\%$, $Ni = 9,0\text{--}11,0\%$, $Ti = 5\%$, $C = 0,7\%$ позначається 08Х18Н10Т,

Такі деталі як *вали, поршневі штоки, клапани, конденсатори, помпи, пружини* та інші деталі, які повинні володіти високою стійкістю проти корозії, виготовляють з **легованих нержавіючих сталей**.

Швидкорізальні сталі мають марку Р (різальна), наприклад РФ1, РК5. Вони містять близько 0,8% вуглецю, значну кількість вольфраму, хрому, ванадію, кобальту; використовуються для на виготовлення різальної частини інструмента.

Приклад: Р6М5 має склад $C = 0,82\text{--}0,9\%$, $Cr = 3,8\text{--}4,4\%$, $Mo = 4,8\text{--}5,3\%$, $V = 1,7\text{--}2,1\%$, $W = 5,5\text{--}6,5\%$, а сталь складу $C = 0,95\text{--}1,05\%$, $Cr = 3,84,3\%$, $Mo = 4,8\text{--}5,3\%$, $V = 2,3\text{--}2,7\%$, $N = 0,05\text{--}0,1\%$, $W = 5,7\text{--}6,7\%$ позначається Р6АМ5Ф3.

Марку сталі можна визначити досить точно за утворенням пучка іскор на наждачному колі (рис. 4.2.5). Наявність легованих присадок значною мірою змінює властивості самої сталі. Наприклад, вміст у сталі одночасно хрому й нікелю збільшує її в'язкість і твердість; наявність тільки нікелю робить сталь не тільки в'язкою, але і надає їй властивість витримувати великі ударні навантаження; ле-

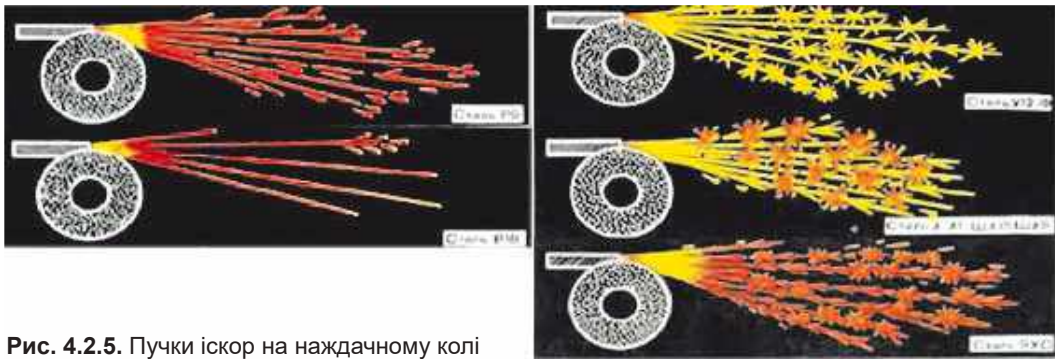


Рис. 4.2.5. Пучки іскер на наждачному колі

говані присадки хрому і кремнію роблять сталь в'язкою, і вона легше піддається термічній обробці.

При використанні вторинної сировини важливо знати марки сталей, що використовуються для виготовлення найбільш поширеного інструмента. Іноді з уже непридатного інструмента можна зробити новий, потрібний.

➤ **Перелік марок сталей, які застосовують для виготовлення деякого інструмента:**

- залізяки від столярного інструмента — 9ХФ;
- зубила, викрутки, клейма для сталі — У7А;
- керни, деревообробний інструмент — У10, У10А;
- молотки, кувалди, гладилки, теслярський інструмент — У7;
- мітчики — УП, Р9, 9ХС;
- надфілі — У10–У12;
- напилки — У10–У13, ШХ6;
- ножівкові полотна верстатні — Р9, Р18, ШХ15;
- ножівкові полотна ручні — У8–У12;
- ножівки по дереву — У8ГА;
- ножі фугувальних верстатів — 9Х5ВФ;
- пили циркулярні — 85ХФ;
- пили лісопильних рам — 85ХВ;
- пили поперечні — У8ГА, У10;
- пили поздовжні — 85Х;
- плашки — 9ХС;
- полотна лучкових пилок — У8ГА, 85ХФ;
- пуансони, матриці, пробійники — У8, У8А;
- розгортки ручні — Р9, 9ХС;
- розгортки машинні — Р9, Р18;
- різці для твердих металів — У13, У13А;

- різці токарні і стругальні — У10, У10А;
- свердла спіральні по дереву — 9ХС, 9Х5ВФ;
- свердла по металу — Р9, Р18;
- фрези — Р9, Р18;
- шабери — У12, У12А.

Водночас із чорними для виготовлення деталей застосовують **кольорові метали** — *мідь, алюміній, цинк, олово, свинець*, а також і сплави кольорових металів — *бронзу, латунь, бабіти, дюралюміній*.

Метал червоного кольору — це **мідь** (рис.4.2.6, а). Вона м'яка, еластична, добре гнеться і кується, окислюється незначно, та є одним з кращих провідників електрики. Цей метал випускається промисловістю найчастіше у вигляді листів, смуг, прутків, дроту, труб і т. д. Мідь використовується переважно для виготовлення проводів і частин електромашин і приладів.

Алюміній — сріблясто-білий, легкий (утричі легший від сталі), м'який і тягучий метал, має гарну електропровідність і теплопровідність (рис. 4.2.6, б). Сплави алюмінію промисловість виготовляє у вигляді листів, прутків, дроту, труб, куточків, швелерів та ін.

Метал білого кольору з блакитним відтінком — це **цинк** (рис. 4.2.6, в). У холодному стані — крихкий, в нагрітому до 100–150° С стає тягучим і в'язким. Цинк застосовують при оцинкуванні листового заліза з метою оберекти його від іржі.

Метал сріблясто-білого кольору з жовтуватим відтінком — це **олово** (рис. 4.2.6, г). Олово використовують на виробництві у вигляді злитків — чушок, прутків, листів для лудіння і паяння різних деталей.

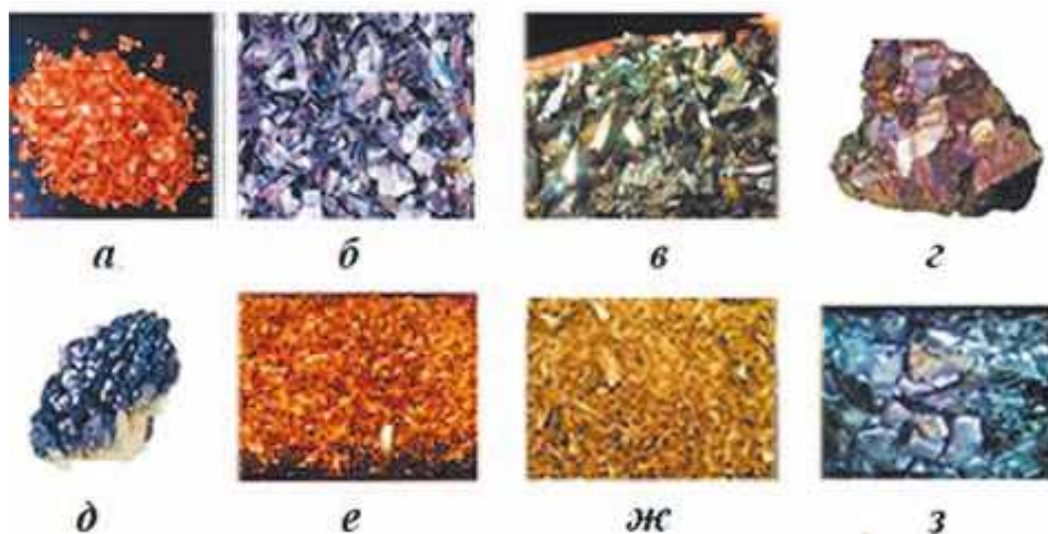


Рис. 4.2.6. Кольорові сплави: а — мідь; б — алюміній; в — цинк; г — олово; д — свинець; е — бронза; ж — латунь; з — дюралюміній

Метал синювато-сірого кольору — це **свинець** (рис. 4.2.6, д). Свинець в'язкий, добре гнеться, легко кується і тягнеться. Випускається у вигляді листів, дроту, труб.

Сплав міді з оловом має жовтий колір з червонуватим відтінком — це **бронза** (рис. 4.2.6, е). З бронзи виготовляють переважно підшипники, втулки, пробки кранів, черв'ячні зубчасті колеса та інші деталі, що піддаються тертю.

Сплав міді з цинком — це **латунь** (рис. 4.2.6, ж). Колір латуні жовтий, тому її називають часто жовтою міддю. Надходить на машинобудівні підприємства у вигляді листів, смуг, дроту, прутків і литих заготовок окремих деталей. Латунь добре обробляється і використовується для виготовлення дрібних машинних частин, приладів, арматури парових машин.

Дюралюміній — сплав алюмінію з міддю, магнієм, марганцем, кремнієм і залізом (рис. 4.2.6, з). Використовують у машинобудуванні та авіації у вигляді листів, стрічок, прутків, дроту, труб, куточків, швелерів, заклепок, поковок і лиття.

Сплави окремих металів, які мають відносно низьку здатність тертя, характеризуються великою твердістю, міцністю, теплопровідністю, стійкістю від корозії та іншими властивостями, необхідними для виготовлення підшипників ковзання — називають **антифрикційними сплавами**. До таких сплавів належить **бабіт** — сплав олова, міді, сурми (або замість сурми — свинцю), нікелю (або замість нікелю — телуру). Антифрикційні властивості також мають сірі чавуни з підвищеним вмістом графіту.

Усі найважливіші властивості названих чорних і кольорових металів слюсар повинен знати. Детальний опис складу і властивостей цих металів містить підручник з металознавства.

Слюсар при обробці металів також використовує деякі допоміжні матеріали. До них належать **мастила** і **мастильні матеріали**. Мастила поділяють на *мінеральні*, що видобуваються шляхом обробки нафти і деяких гірських порід, і *рослинні*, одержувані з насіння рослин. Мінеральні мастила використовують для змащення машин і верстатів. Мастило забезпечує більш продуктивну роботу механізмів і менший знос частин, що труться у процесі роботи.

Рослинні мастила використовують для змащення машин, для приготування тертих масляних фарб. Варена лляна олива — оліфа — призначена для забарвлення і для просочення азбестового картону. У слюсарних роботах оліфу застосовують при нарізуванні різьби для змащення різального інструмента. З суміші мінеральної оливи з тваринними жирами виготовляють різні мастильні матеріали (наприклад, солідол).

Крейду використовують для фарбування поверхонь деталей перед їх розміткою, а також при обпилюванні поверхні — щоб оберегти зуби напилка від прилипання до них стружки.

Мідний купорос у кристалах або розведений у воді застосовують для фарбування оброблених поверхонь, що підлягають розмітці.

Абразивні матеріали — *наждак, корунд, скло* — використовують у вигляді порошку, наждачного паперу, круглих каменів або брусків для заточування інструмента і шліфування виробів. Наждачний і скляний папір застосовують для обробки поверхонь виробів, а скло товчене — при притиранні кранів.

4.3. Деформація та твердість матеріалу

Частинки, з яких складаються тверді тіла (як аморфні, так і кристалічні), постійно здійснюють теплові коливання близько положень рівноваги. У таких положеннях енергія їх взаємодії мінімальна. Якщо відстань між частинками зменшується, починають діяти сили відштовхування, а якщо збільшується — то сили тяжіння. Саме цими двома силами обумовлені всі механічні властивості, якими володіють тверді тіла.

Механічні властивості характеризують здатність матеріалів чинити опір дії зовнішніх сил. До основних механічних властивостей належать **міцність**, **твердість**, **ударна в'язкість**, **пружність**, **пластичність**, **крихкість** і ін.

Міцність — це здатність матеріалу чинити опір руйнівному впливу зовнішніх сил (рис. 4.3.1, а).

Твердість — це здатність матеріалу чинити опір впровадженню в нього іншого, більш твердого тіла під дією навантаження (рис. 4.3.1, б).

В'язкість називається властивість матеріалу чинити опір руйнуванню під дією динамічних навантажень (рис. 4.3.1, в).

Пружність — це властивість матеріалів відновлювати свої розміри й форму після припинення дії навантаження (рис. 4.3.1, г).

Пластичність називається здатність матеріалів змінювати свої розміри і форму під дією зовнішніх сил, при цьому не руйнуючись (рис. 4.3.1, д).

Крихкість — це властивість матеріалів руйнуватися під дією зовнішніх сил без залишкових деформацій (рис. 4.3.1, е).

Деформація — це зміна форми і розмірів тіла, яка може бути спричинена впливом зовнішніх сил, а також іншими фізико-механічними процесами, які відбуваються в тілі. До деформацій належать такі явища як зрушення (зсув), стиснення, розтягнення, вигин і кручення (рис. 4.3.2).

Деформація може бути *пружною*, зникаючою після зняття навантаження, і *пластичною*, що залишається після зняття навантаження. Важливе значення має пластичність, вона визначає можливість виготовлення виробів різними способами обробки тиском. Ці способи засновані на пластичному деформуванні металу.

Пружна — це така деформація, яка після припинення дії, що викликала напруження, зникає повністю. При пружному деформуванні відбувається зміна відстаней між атомами в кристалічній решітці металу.

Пластичною називається деформація, що залишається після припинення дії сил, що її викликали. При пластичній деформації у кристалічній решітці металу



Рис. 4.3.1. Механічні властивості: а — міцність; б — твердість; в — в'язкість; г — пружність; д — пластичність; е — крихкість

під дією дотичних сил відбувається незворотне переміщення атомів. При невеликих силах атоми зміщуються незначно і після зняття цих сил повертаються у вихідне положення. При збільшенні дотичних сил спостерігається незворотне зміщення атомів на параметр решітки, тобто відбувається пластична деформація.

Відновлення деталей методом деформації може виконуватися в холодному і гарячому станах. У першому випадку потрібні значні зусилля на пластичну деформацію, а в другому — при нагріванні деталі до певної температури ці зусилля зменшуються в 12–15 разів. Однак нагрівання деталі знижує твердість і міцність її поверхні, тому після проведення пластичної деформації деталь піддають термічній або термохімічній обробці.

Твердість — властивість матеріалу чинити опір контактній деформації, здатність матеріалу чинити опір входженню в його поверхню твердого тіла — індентора.

Індентор — алмазний наконечник у вигляді конуса.

Випробування на твердість — найдоступніший вид механічних випробувань. Випробування на твердість здійснюються швидко і не вимагають складних зразків, дозволяють робити висновки про інші механічні властивості металів (наприклад, про межу міцності).

➤ Методи визначення твердості

- **Визначення твердості методом Брінелля** — один з основних методів визначення твердості (рис. 4.3.3, а). Цей метод належить до методів вдавнення. Випробування проводиться наступним чином: спочатку дають невелике попереднє навантаження для встановлення початкового положення індентора на зразку, потім додається основне навантаження, зразок витримують під його дією, вимірюється глибина входження, після чого основне навантаження знімається. При визначенні твердості методом Брінелля, на відміну від методу Роквелла, вимірювання здійснюються до пружного відновлення матеріалу. Індентор (полірована загартована сталева кулька) вдавлюють в поверхню випробовуваного зразка (товщиною не менше 4 мм) з регламентованим зусиллям. Через 30 секунд після прикладання навантаження вимірюють глибину відбитка. В іншому варіанті зусилля додається до досягнення регламентованої глибини входження.

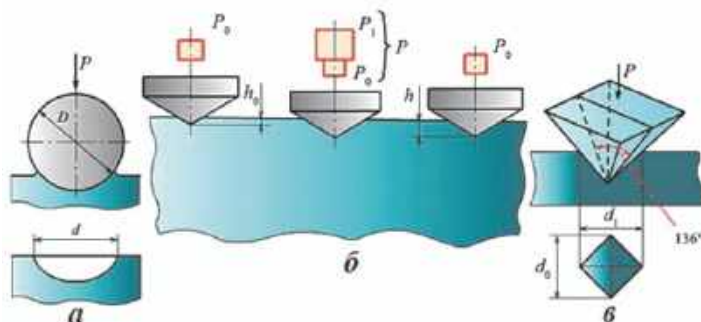
- **Визначення твердості методом Роквелла** (рис. 4.3.3, б).

У поверхню випробовуваного зразка вдавлюють сталевий чи алмазний конус з кутом 120° або сталеву загартовану кульку діаметром 1,59 мм і за глибиною проникнення в поверхню оцінюють твердість матеріалу. На твердомірі Роквелла



Рис. 4.3.2. Види деформації

Рис. 4.3.3. Визначення твердості різними методами: а — Брінелля; б — Роквелла; в — Віккерса



позначені три шкали: чорного кольору — випробування ведуть алмазним конусом, твердість позначається HRA ; червоного кольору — випробування ведуть кулькою, твердість позначається HRB ; чорного кольору — випробування ведуть сталевим конусом, твердість позначається HRC .

● **Визначення твердості методом Віккерса** (рис. 4.3.3, в).

У поверхню зразка вдавлюють чотиригранну алмазну піраміду і за діагоналю відбитка визначають твердість. Метод Віккерса дає змогу вимірювати твердість м'яких і твердих металів і сплавів, а також твердість тонких поверхневих шарів. Випробуванням на удар визначають здатність металу чинити опір ударним навантаженням, яким деталі машин піддаються в процесі роботи. Випробування ударним навантаженням проводяться над зразками стандартної форми на приладах, які називаються маятниковими копрами.

➤ **Недоліки метода Брінелля:**

- Можна застосовувати тільки для матеріалів з твердістю до 450 HB, якщо використовувати сталеву загартовану кульку. Як альтернативою користуються кульками з твердого сплаву на основі карбіду вольфраму (WC), це дає змогу підвищити верхню межу вимірювання твердості до 600 HBW.
- Твердість за Брінеллем залежить від навантаження, оскільки зміна глибини вдавлювання не пропорційна зміні площі відбитка.
- При вдавлюванні індентора по краях відбитка через видавлювання матеріалу утворюються навали і напливи, що ускладнює вимірювання як діаметра, так і глибини відбитка.
- Через великий розмір кульки метод непридатний для тонких зразків.

4.4. Порошкові матеріали

4.4.1. Конструкційні порошкові матеріали

З порошкових матеріалів виготовляються конструкційні елементи машин і механізмів, металорізальний і породоруйнівний інструмент, підшипники та



Рис. 4.4.1. Порошкові матеріали

інші компоненти вузлів тертя, деталі електротехнічного обладнання та оснащення атомних реакторів, магніти, охолоджувачі випарного типу, безліч інших незамінних виробів промислового призначення. Повсюдного поширення набув останнім часом також спосіб нанесення на металеві поверхні захисного покриття шляхом напилення і наплавлення.

➤ **Порошкові матеріали (ПМ) (рис. 4.4.1) за видами застосування умовно поділяють на:**

- конструкційні (включаючи групи металів і їх сплавів, металокерамічних твердих сплавів і мінералокераміки);
- пористі (включаючи групи фільтрувальних, триботехнічних, «пітніючих» і піноматеріалів);
- електротехнічного призначення;
- спеціальні матеріали для ядерної енергетики.

Конструкційними називають матеріали металевого, неметалевого і композиційного генезу, які поєднують в собі комплекс властивостей, що забезпечують можливість застосування в машинобудівних галузях для виробництва найбільш відповідальних вузлів і агрегатів.



Рис. 4.4.2. Зразки продукції з порошкових матеріалів конструкційного призначення

Порошкові матеріали конструкційного призначення — найпоширеніша продукція, досягає 65% загального попиту. Володіючи набором високих механічних характеристик, вони повсюдно використовуються в машинобудуванні: для виробництва високонавантажених шестерень, зірочок, зубчастих коліс, черв'ячних пар, клапанів і сідел до них, муфт, фланців, ексцентриків, накладок, заглушок, храповиків, гайок, обмежувачів, кулачків, шайб, кришок, корпусів підшипників, компонентів помпового обладнання та вимірювального інструмента, різних дисків, втулок, деталей безлічі інших елементів, технічних пристроїв (рис. 4.4.2).

➤ **Вироби з конструкційних матеріалів поділяються на:**

- малонавантажені;
- середньонавантажені;
- високонавантажені.

➤ **За типом матеріалу поділяються:**

- на основі чорних металів (сталі/чавуни);
- на основі кольорових металів (сплави Al, Mg, Ti, Cu та ін);
- на основі тугоплавких металів (W, Mo, Nb, Ta та ін);

- на основі отриманих з твердих сплавів металокерамічного генезу, безметалевої порошкової кераміки й армованих композитних матеріалів.



Рис. 4.4.3. Високотемпературні конструкційні матеріали

Високотемпературні конструкційні матеріали одержують в більшості випадків тільки методами ПМ. До них належать сплави на базі жаростійких металів (рис. 4.4.3). Виробництво виробів з жароміцних конструкційних матеріалів багато в чому визначають темпи подальшого розширення кола експлуатаційних можливостей сучасних систем і агрегатів для космічної, авіаційної, суднобудівної, електротехнічної, радіоелектронної, хімічної та верстатобудівної індустрії. Використання не є можливим без забезпечення спеціальних функціональних властивостей, серед яких однією з найважливіших є саме термостійкість.



Рис. 4.4.4. Конструкційні мінералокерамічні матеріали (пластини різального інструментарію)

Конструкційні мінералокерамічні матеріали — група неорганічних безметалевих сполук, що відрізняються вагомими перевагами в порівнянні з групами металів і керметів (рис. 4.4.4). Їх характеризують оптимальні співвідношення параметрів міцність/щільність і жорсткість/пружність, а також стійкість до корозії та неперевершені показники міцності при експлуатації у високотемпературному режимі.

Мінералокерамічні матеріали є високоміцними, термостійкими, зносостійкими. Мінералокераміка має щільність в діапазоні 4,2–4,6 г/см³ і твердість

(HRA) в межах 92–94 од.

Властивості мінералокерамічних матеріалів регламентовані в ДСТУ Р 50151–92. Мінералокераміку застосовують з метою виготовлення робочих компонентів різального інструментарію, які виготовляють зі сталі вуглецевої та легованої (зокрема загартовані і поліпшені), а також чавунів, кольоровометалевих і тугоплавких сплавів. Металокераміка для різального інструментарію має високі значення термостійкості (1210–1410° С), показники твердості (30010–33010 МПа), зносостійкості та витривалості до впливу агресивних хімічних середовищ, що обумовлює можливість високошвидкісної обробки.

4.4.2. Пористі порошкові матеріали

Характерна особливість цієї категорії порошкових матеріалів полягає в наявності в них великої кількості пор, рівномірно розподілених по всьому об'єму, що дає можливість забезпечення необхідних функціональних характеристик.

За основними властивостями пористі матеріали можна поділити на **фільтрувальні** та **капілярні**.

Пористі матеріали відрізняє різноманітність фізико-хімічного складу вихідної сировини і застосовуваних виробничих технологій, за якими вони виготовляються. Ступінь пористості істотно впливає на прояв структурних, фізичних, технологічних і експлуатаційних властивостей кінцевої продукції з цих матеріалів.

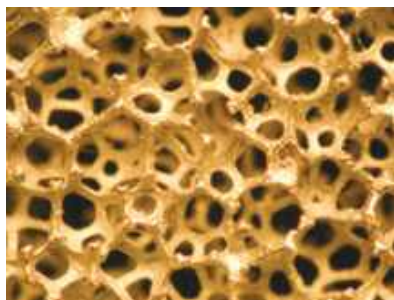


Рис. 4.4.5. Фільтруючі пористі матеріали

Фільтруючі пористі матеріали (ступінь пористості 45–55%) застосовують для механічного очищення різних рідин і газів від частинок сторонніх компонентів. Вони становлять значну частку продукції, яку виготовляють з пористих порошкових матеріалів (рис. 4.4.5) методом формування (формопресування з різними зусиллями або вільна засипка в форми) з подальшим спіканням бронзового, нікелевого, титанового, вольфрамового, молібденового порошку, а також порошоків нержавіючих сталей і тугоплавких композицій. Робочий температурний діапазон становить від -270 до $+1000^{\circ}\text{C}$.

Найважливішою перевагою фільтрувальних елементів з порошоків є підвищення механічної міцності, більший ступінь проникності, піддатливість регулюванню і відновленню.

➤ Переваги порошкових фільтрів над непорошковими аналогами:

- нескладне виготовлення;
- підвищена міцність;
- кращі очищувальні властивості;
- високі значення жаростійкості, теплопровідності, опору абразивному зносу;
- рівномірний розподіл фільтрації на всій площі фільтрувального елемента.



Рис. 4.4.6. Пористопорошкові фільтрувальні елементи

За формою фільтрувальні елементи зі спечених порошкових матеріалів можуть бути у вигляді *дисків, пластинок, циліндрів, втулок, конусів і фасонних виробів більш складної конфігурації* (рис. 4.4.6).

Їх використовують на всіх промислових підприємствах з метою недопущення шкідливих викидів в атмосферу, для очищення природних і стічних вод, на АЕС і теплоелектростанціях. Корозієстійкі фільтри застосовують для очищення кислото-лужних розчинів, питної води.

➤ Використання порошкових фільтрів

- **Бронзові фільтри** поширені в безлічі промислових галузей. З їх допомогою очищають від сторонніх часток розмірами $4,5\text{--}210\text{ мкм}$ паливно-мастильні матеріали для двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) і двигунів на реактивній тязі, різні гази і кислотно-лужні середовища, парафінові розплави.
- **Нікелеві пористі фільтри** виготовляють шляхом формування-спікання в температурному режимі $1050\text{--}1150^{\circ}\text{C}$ з порошоків. Крім фільтрувальних елементів, з них виготовляють також групу пористих електродів для нікеле-кадмієвих і лужних акумуляторів.
- **Фільтри з нержавіючих сталей** більш стійкі до корозії, мають меншу вартість. Первинні заготовки виготовляють формопресуванням або прокатуванням,

після чого спікають протягом 2,5–3,5 год при 1210–1255° С. Для виробництва таких фільтрів використовують порошки сталей марок Х17Н2, Х18Н9, Х30 і деяких інших. Фільтри цього типу застосовують у металургії: з їх допомогою очищають від механічних домішок рідке лиття і гарячі доменні/мартенівські гази. Нерідко їх використовують як протипожежні засоби на ділянках автогенного зварювання й обробки металів газополум'яним методом, а також в ємностях для легкозаймистих і вибухонебезпечних рідин.

- **Титанові пористі фільтри** виготовляють з порошків карбонільного генезу. Спінання здійснюють в спеціальних газових середовищах при 955–1155° С протягом 1,6–2,6 год. Мають високу стійкість до дії корозії при фільтруванні агресивних рідин і газів в поєднанні з високою питомою міцністю.

Традиційним методом виробництва спечених пористих фільтрів є *деформування порошку пресуванням*. Для виготовлення фільтрів високого ступеня пористості (55–76 %) і підвищених характеристик міцності до складу порошкової шихти, що піддається пресуванню, вводиться ряд спеціальних добавок, які забезпечують посилення міцності без шкоди для пористості.

4.4.3. Капілярно-пористі, високопористі, триботехнічні та піноматеріали

Широкої популярності у промисловій сфері набули пористі порошкові матеріали, які називають **капілярно-пористими**.



Рис. 4.4.7. Теплотруби з пористих матеріалів

З появою матеріалів капілярно-пористої структури з'явилася можливість створення виробів, проникних для одних рідинних середовищ і непроникних для інших, зі здійсненням у капілярних порах фазових перетворень, супроводжуваних теплопоглинанням або, навпаки, тепловиділенням.

Наявність таких властивостей зумовило застосування капілярно-пористих матеріалів у різних технічних галузях, наприклад, в конструкційних елементах теплообмінної апаратури.

Одним з найперспективніших напрямків в цьому аспекті стало створення так званих *теплових труб*, здатних стабілізувати термополе в установках різного призначення і забезпечити наявність оптимальних ізотермічних умов для обробки різних заготовок (рис. 4.4.7).



Низькотемпературні теплотруби застосовують:

- в електротехніці для охолодження роторів/статорів електродвигунів і електрогенераторів, а також обмоток трансформаторних сердечників, що забезпечує підвищення їх потужності майже в півтора раза;
- з метою охолодження важких високовольних автоматів змикання-розмикання ланцюгів електричних кіл.

Високопористі піноматеріали — матеріали високого ступеня пористості (95,5–98,5%), що обумовлює малі значення їх щільності.

Триботехнічними називають пористі матеріали, використовувані для виготовлення пар тертя (рис. 4.4.9).



Рис. 4.4.8. Високопористі піноматеріали

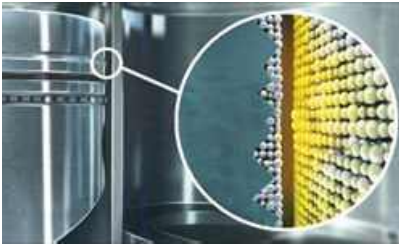


Рис. 4.4.9. Триботехнічний пористий матеріал

Високопористі матеріали мають пінопластову основу (на базі полівінілхлоридів, полістиролів) армовану міцним металоволокном. Переважно їх використовують як легкі теплоізоляційні наповнювачі в авіа- і суднобудівній галузях.

Група триботехнічних матеріалів своєю чергою поділяється на підгрупи **антифрикційних** матеріалів, які забезпечують найменший опір при взаємодії поверхонь, що труться, і **фрикційних** матеріалів, які, навпаки, застосовують з метою зробити силу тертя максимальною.

Проблема тертя і супутнього йому зношування перебуває в центрі уваги інженерів-матеріалознавців не тільки через різноманітність проявів цього явища, але й через його неминуче практичного значення в усіх виробничих сферах.

➤ **Триботехнічні характеристики матеріалів:**

- зношування — процес відділення з поверхні виробу частинок матеріалу, з якого він виготовлений, а також накопичення деформаційних наслідків, що поступово призводить до зміни форморозмірів;
- зношення — результат зношування, що обчислюється конкретними величинами (довжина, обсяг, маса і т. д.);
- зносостійкість — характеристика матеріалу, що виявляється в його опірності зношуванню в тих чи інших обставинах тертя, що обчислюється величиною, зворотною швидкості зношування.

4.4.4. Антифрикційні пористі матеріали



Рис. 4.4.10. Зразки виробів з антифрикційних матеріалів

Антифрикційні матеріали призначені для виготовлення підшипників (опор) ковзання, які широко застосовуються в сучасних машинах і приладах, харчовому обладнанні завдяки стійкості до вібрацій, безшумності роботи, невеликим габаритам. Основними властивостями антифрикційних матеріалів варто вважати антифрикційність і опір втомі.

Антифрикційність — це здатність матеріалу забезпечувати низький коефіцієнт ковзання, незначні втрати на тертя і малу швидкість зношування сполучених деталей.

Кожен матеріал, окрім того, у конкретних умовах роботи має бути, наприклад, стійким проти окислювання за підвищених температур, мати високий опір корозії під час роботи в агресивних середовищах. Ці матеріали повинні працювати в широкому діапазоні швидкостей ковзання від 0,001 до 100 м/с і більше, навантаженнях від 1 до 25 МПа і більше, температурах до 100° С і більше.

➤ **Застосування:**

- вузли тертя;
- циліндричні й кулькові підшипники;
- під'ятники, вкладиші, ковзаючі напрямні;
- струмознімачі, торцеві й бічні ущільнення;
- шарнірні пристрої, поршневі кільця тощо.

Антифрикційні матеріали працюють при граничному терті, у вакуумі, терті без змащення, при еластогідродинамічному терті, при підвищених температурах, високих швидкостях, великих навантаженнях, у різних агресивних середовищах (воді, кислотах, лугах, розплавлених металах, розпечених газах), інертних газах, тощо.

➤ **Основні вимоги до антифрикційних матеріалів:**

- висока зносостійкість;
- низькі значення коефіцієнта тертя;
- оптимальна поверхнева й об'ємна міцність;
- достатня в'язкість для унеможливлення крихкого руйнування;
- висока втомна міцність;
- здатність протистояти схопленню;
- достатня теплопровідність й оптимальні значення коефіцієнта теплового розширення;
- наявність у матеріалі запасу твердого або рідкого мастила;
- технологічність виготовлення;
- економічність;
- об'ємна міцність у матеріалах для важконавантажених вузлів;
- висока стійкість проти окислення під час роботи при підвищених температурах.

4.5. Неметалеві матеріали

Неметалеві матеріали — це органічні й неорганічні полімерні матеріали: різні види пластичних мас, композиційні матеріали на неметалевій основі, каучуки і гуми, клеї, герметики, лакофарбові покриття, а також графіт, скло, кераміка (рис. 4.5.1).

➤ **Перевагами неметалевих матеріалів є:**

- достатня міцність;
- жорсткість і еластичність при малій щільності;
- світлопрозорість, хімічна стійкість;
- діелектричні властивості;
- технологічність і ефективність при використанні.

Трудомісткість при виготовленні виробів з неметалевих матеріалів у 5–6 разів нижча, вони в 4–5 разів дешевші порівняно з металевими.

Неметалеві матеріали використовують у машино- й автомобілебудуванні, авіаційній, харчовій, холодильній та криогенній техніці.

Неметалеві конструкційні матеріали — це велика група матеріалів, виготовлених з органічної та неорганічної (мінеральної) сировини.

До органічної сировини належать деревина і продукти з неї, шерсть, волокна, кістки, каучук.

До неорганічної сировини — газ, нафта, повітря, вода, алмази, глина, кварц, мармур і різні гірські породи.

З кожного виду сировини виготовляють велику групу неметалевих конструкційних матеріалів, що застосовуються в різних галузях промисловості, в сільському господарстві, на транспорті, в медицині, культурі, харчовій промисловості, побуті, а саме: пластмаси, шаруваті пластики, скло, барвники, клеї, лаки, папір, картон, вовняні та бавовняні нитки і тканини, будівельні конструкції з деревини, заготовки для меблів, фанера, художні вироби.

Неметалеві матеріали, отримані хімічною технологією, поділяються на дві групи: **полімерні матеріали** (волокна і тканини, поліетилен, поліаміди, пластмаси, смоли, клеї, фарби) та **хімічні рідини і продукти** (реактиви, медичні препарати, вибухові речовини, продукти нафтохімії).

Шляхом термічної і термомеханічної технологій отримують такі матеріали на основі мінералів: *графіт, алмаз штучний, абразиви, азбест, графітовуглецеві матеріали, кераміку і ситали, кам'яне лиття, скло, волокна і штучні тканини.*



Рис. 4.5.1. Неметалеві матеріали: а — пластичні маси; б — кераміка; в — гума; г — ситали; д — скло

4.5.1. Пластмаса

Пластмаси — це композиційні матеріали на основі природних і синтетичних полімерів (рис. 4.5.2).

Пластмаси мають *низьку питому вагу, високу хімічну стійкість, хороші діелектричні властивості й низьку теплопровідність*. Міцність деяких пластмас значно вища, ніж у сталей.

Основою пластмас є **полімери**. Це речовини, молекули яких складаються з великого числа повторюваних ланок (рис. 4.5.3).



Рис. 4.5.2. Вироби з пластмас

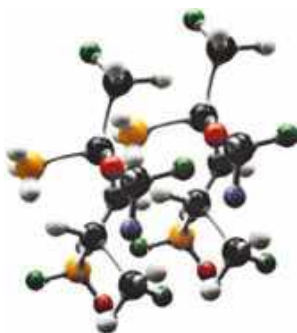


Рис. 4.5.3. Полімер — будова молекул

У машинобудуванні, приладобудуванні і в багатьох інших галузях промисловості пластмаси широко застосовуються як конструкційні матеріали, а також для виробництва клеїв, лаків і фарб.

Пластмаси мають *низьку питому вагу, високу хімічну стійкість, хороші діелектричні властивості й низьку теплопровідність*. Міцність деяких пластмас значно вища, ніж у сталей.

За походженням полімери поділяють на **природні** й **синтетичні**. Синтетичні полімери отримують двома способами: полімеризацією і поліконденсацією. У назві деяких пластмас корінь слова вказує на вихідну речовину, а приставка «полі» — на те, що цей вид пластмас отриманий реакцією полімеризації. Як правило, ці матеріали термопластичні і характеризуються оборотністю (поліетилен, полістирол, поліметилметакрилат).

Пластмаси, що складаються з синтетичних смол з невеликою кількістю спеціальних добавок (мастил, стабілізаторів, пластифікаторів), називаються **ненасиченими** (вініпласт, органічне скло).

Пластмаси, до складу яких, окрім смоли, з метою отримання заданих властивостей вводяться різні види наповнювачів та інші спеціальні речовини (мастила, затверджувачі, барвники та ін.), називаються **наповненими** (фенопласти, склопластики, гетинакс).

Існує дві групи пластмас: **сировинні** та **виробні**.

Сировинні пластмаси випускаються у вигляді прес-порошків, крихти, гранул різної форми і розмірів, а **виробні пластмаси** — у вигляді листів, блоків, плівок (наприклад, текстоліт, ебоніт, органічне скло).

Залежно від способів отримання і виду зв'язків між молекулами полімерів, а також їх властивостей, розрізняють три класи пластмас: **термореактивні, термопластичні і прес-матеріали**.



Рис. 4.5.4. Термопластичні пластмаси — реактопласти



Рис. 4.5.5. Термопластичні пластмаси — термопласти



Рис. 4.5.6. Прес-матеріали

Прес-матеріали — це складні суміші, що містять синтетичні смоли (сполучні), наповнювачі, затверджувачі, змащувальні речовини, барвники (рис. 4.5.6).

4.5.2. Термопласт

Термопласти — це клас матеріалів, які в результаті нагріву плавляться під тиском, заповнюють порожнини литтєвої форми і при охолодженні зберігають отриману форму (рис. 4.5.7).



Рис. 4.5.7. Термопласти

Термопласти можна переробляти неодноразово, в основному методом лиття під тиском і екструзією, зберігаючи при цьому свої фізико-хімічні, механічні та технологічні властивості. Це — *поліетилен, капрон, полістирол, поліамід* та інші *полімери*.

Перероблення термопластів істотно відрізняється від переробки реактопластів через відмінності їх властивостей. Характерна відмінність процесу переробки термопластів від реактопластів полягає в тому, що ливарна форма при отриманні виробів з термопласта охолоджується, а при отриманні виробів з реактопластів прес-форма нагрівається.

➤ Види термопластів:

- **Поліетилен** — це еластичний матеріал білого кольору, отриманий з етилену (безбарвного газу) реакцією полімеризації (рис. 4.5.8). Залежно від ступеня тиску при реакції



Рис. 4.5.8. Поліетилен



Рис. 4.5.9. Полівінілхлорид (ПВХ)



Рис. 4.5.10. Вініпласт



Рис. 4.5.11. Пластифікований ПВХ



Рис. 4.5.12. Листовий пластикат

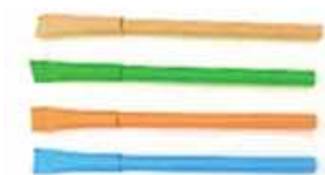


Рис. 4.5.13. Литтєвий пластикат

полімеризації розрізняють поліетилен високого, середнього і низького тиску. Поліетилен переробляють у вироби методом екструзії, литтям під тиском, пресуванням і штампуванням.

- **Полівінілхлорид (ПВХ)** утворюється шляхом полімеризації хлориду вінілу (рис. 4.5.9). При термічній обробці на вальцях або поверхових пресах формується твердий матеріал — листовий вініпласт. Екструзією з вініпласта отримують труби і листовий або блоковий матеріал.

- **Вініпласт** має високу механічну міцність і велику хімічну стійкість (рис. 4.5.10). Його використовують для футерівки (облицювання) ємностей електричних і травильних ванн, трубопроводів, які працюють з агресивними речовинами (кислотами, лугами). З вініпласту виготовляють клапани, акумуляторні банки.

- **Пластифікований ПВХ** називається пластиком, який застосовують для виготовлення стійкого до стирання лінолеуму, а також оболонки електричних кабелів, галантерейних товарів тощо (рис. 4.5.11).

- **Листовий пластикат** — продукт полімеризації стиролу з метилметакрилатом (рис. 4.5.12). Має високу прозорість, бензо- і водостійкість, забарвлюється в різні кольори і відтінки, переробляється у вироби методом лиття під тиском. З листового пластику виготовляють прозорі деталі до автомашин: шкали приладів, підфарники, скло та інші вироби.

- **Литтєвий пластикат** — сополімер стиролу з метилметакрилатом і акриловою кислотою. Він стійкий до бензину, масел, легко забарвлюється в різні кольори і переробляється методом лиття під тиском. З литтєвого пластику роблять деталі авторучок, олівців, фломастерів, канцелярські вироби, іграшки (рис. 4.5.13).

- **Сополімер стиролу** — продукт полімеризації стиролу і акрилової кислоти (рис. 4.5.14). Цей матеріал прозорий, має високу стійкість до лугів, легко забарвлюється в різні кольори, має глясову поверхню, володіє діелектричними властивостями. З нього виготовляють оглядове скло в хімічних апаратах, телефонні апарати, деталі для радіоприймачів і телевізорів, вимикачі.



Рис. 4.5.14. Сополімер стиролу



Рис. 4.5.15. Фторопласт



Рис. 4.5.16. Текстоліт шаруватий

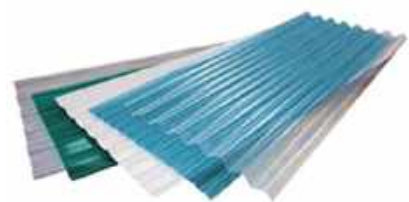


Рис. 4.5.17. Склопластик



Рис. 4.5.18. Гума

● **Фторопласт** переробляють у виробі методом прямого пресування, екструзією і штампуванням і застосовується в електротехнічній, хімічній, авіаційній, харчовій та медичній промисловостях (рис. 4.5.15).

При введенні у фторопласт азбесту, скловолокніту, фольги й металевих порошків значно підвищуються його фізико-механічні властивості. Вироби з нього володіють вологостійкістю, кислотостійкістю і хімічною стійкістю. Фторопласт застосовується як ізоляційний матеріал у вигляді листів, стрічок, дисків. У хімічній промисловості з нього роблять труби, гнучкі шланги, прокладки, ущільнювачі, манжети, з фторопластів виготовляють різні суспензії, які застосовують для покриття проводів і різних виробів.

● **Текстоліт шаруватий** — пластик на основі бавовняної тканини і фенолформальдегідної смоли (рис. 4.5.16). Текстоліт має високу міцність, водостійкість, теплостійкість до температури 125° С, низький коефіцієнт тертя в парі зі сталлю, високу зносостійкість. Ці його властивості використовуються для виготовлення безшумних і довговічних підшипників ковзання, що витримують великі навантаження.

● **Склопластик** — конструкційний матеріал на основі полімерів на скловолокнистий або склотканинний основі (рис. 4.5.17). Залежно від типу наповнювача, технологічних режимів, властивостей і методів переробки матеріалу виробі зі склопластика поділяють на дві групи. Найчастіше використовують склопластики на основі фенолформальдегідних, кремнійорганічних, карбомідних та інших смол, що вимагають для переробки в виробі високих температур (180° С і вище) і тиску (250–1 000 МПа). Цей тип склопластиків випускається в основному у вигляді листів, шиферу, деталей з невеликими габаритними розмірами.

● **Гума** має специфічні властивості: високу еластичність, великі зворотні деформації (пружність), стійкість до впливу мастил, розчинників, кислот, лугів, незначною водо- і газопроникністю, хороші діелектричні властивості, високу міцність, зносостійкість, здатність працювати при знижених і підвищених температурах (рис. 4.5.18.).



Рис. 4.5.19. Ебоніт

Усе це зумовило широке використання гуми в різних галузях промисловості. Основними споживачами гумових виробів є сучасний транспорт, електротехнічна промисловість, гірничодобувна і вугільна галузі, сільськогосподарські машини. З гуми виготовляють іграшки, одяг, предмети гігієни, санітарії.

- **Ебоніт**, або тверда гума — це жорсткий, в'язкий матеріал, що володіє деякою еластичністю і гнучкістю (рис. 4.5.19). В ебонітах міститься значно

більше сірки, ніж в м'яких гумах, тому процес вулканізації протікає при менших температурах і за короткий час. Ебоніт високої якості — це суміш натурального каучуку і сірки. Для підвищення міцності ебоніту, кислото-, тепло- і маслостійкості, а також поліпшення діелектричних властивостей у суміш вводять різні компоненти. Наповнювачами ебонітових сумішей служать ебонітовий або вугільний пил, пластифікатором — вазелінове масло. Сажу вводять в обмеженій кількості (3–5 %), бо вона погіршує діелектричні властивості. Оскільки ебоніт — хороший діелектрик, хімічно інертний, водостійкий, його використовують в автотракторній, хімічній, радіо- та електротехнічній промисловості. З нього виготовляють ебонітові стержні, пластини, акумуляторні ємності та комплектуючі деталі до них.

4.6. Композиційні матеріали

Композиційні матеріали (КМ) — це матеріали, які складаються з двох або більше компонентів, що розрізняються за своїм хімічним складом і розділені вираженою межею, а також мають нові властивості, що відрізняються від властивостей складових компонентів, які входять у ці матеріали (рис. 4.6.1).



Рис. 4.6.1. Композиційні матеріали

Компонент, безперервний у всьому об'ємі КМ, називається **матрицею**. А переривчастий, роз'єднаний в об'ємі композиції елемент називають **армувальним елементом (наповнювачем)**.

Композиційні матеріали класифікують за типом матриці, за видом армувального елемента, за методами отримання. Тип матриці визначає технологічні параметри процесу отримання композиту і його експлуатаційні характеристики (щільність, питому міцність, робочу температуру, опір впливу агресивним середовищам і втомному руйнуванню).

Часто композиційний матеріал є шаруватою структурою, в якій кожен шар армований великим числом паралельних безперервних волокон. Кожен шар можна армувати також безперервними волокнами, витканими в тканину, яка є вихідною формою, і по ширині та довжині відповідає кінцевому матеріалу. При цьому волокна часто сплітають у тривимірні структури.

Основним недоліком КМ є низький опір міжшарового зсуву і поперечного обриву.

Найбільш поширеними КМ є склопластики на основі склотканин, а також вироби з композитів на основі каучуків і гум (приводні ремені, транспортні стрічки, шини автомобілів). У машинобудуванні зі склопластиків виготовляють трубопроводи, повітроводи і ємності. У приладобудуванні склопластики застосовують для виготовлення каркасів, панелей, друкованих плат, корпусних деталей. У транспортному машинобудуванні склопластики застосовують для обшивки вагонів, контейнерів, кабін і елементів силового набору. У суднобудуванні — для виготовлення корпусів човнів, катерів, траулерів, резервуарів для перевезення зріджених газів і рідких продуктів.

4.7. Змащувальні, абразивні та допоміжні матеріали

Масило — це рідка або тверда речовина, що зменшує тертя в рухомих з'єднаннях деталей машин і захищає поверхню металевих виробів від корозії. Рідке масило в ряді випадків виконує функцію відведення тепла від частин, які труться в процесі роботи.

Масила (рис. 4.7.1) діляться на групи: *рослинні, тваринні, мінеральні, тверді, консистентні та рідкі*.

Як **тверді** мастильні матеріали використовуються графіт, двошлірчаний молибден, які застосовуються як в подрібненому стані, так і у вигляді паст, виготовлених на мінеральних оливах.

Консистентне масило — густа маслоподібна речовина, що складається з мінеральних олив з домішкою. До таких масил належать солідол, консталін (жировий і синтетичний), приладове масило АФ-70, універсальне низькоплавке масило УН (технічний вазелін), консерваційне масило ЦІАТИМ-215.

До *рідких масил* належать *рослинні* (лляне, касторове, бавовняне та ін.); *тваринні* (риб'ячий жир, тваринне масло, сало); *мінеральні* — продукти переробки нафти (індустріальне, автомобільне, авіаційне, трансмісійне, циліндрове, турбінне, трансформаторне масила). Ця група має більшу стійкість до впливу кисню і температури, ніж рослинні і тваринні масила.

Найпоширеніші у машинобудуванні рідкі і консистентні масила на мінеральній основі (рис. 4.7.2).



Рис. 4.7.2. Рідкі і консистентні масила на мінеральній основі



Рис. 4.7.1. Масила

➤ **Мастило повинно мати такі властивості:**

- малий коефіцієнт тертя;
- велика в'язкість, адгезія;
- опірність впливу тепла і кисню повітря;
- низька температура затвердіння, висока температура займання;
- велика теплоємність;
- не містити механічних і хімічних домішок, які шкідливо впливають на поверхні, що труться.

Абразивними матеріалами називаються тверді неметалеві матеріали, які застосовуються при обробці різанням металів і матеріалів (рис. 4.7.3).



Рис. 4.7.3. Абразивні матеріали



Рис. 4.7.4. Природні абразивні матеріали



Рис. 4.7.5. Штучні абразивні матеріали

Абразивні матеріали мають високу твердість і досить гострі різальні кромки та грані.

Розрізняють дві групи — **природні** і **штучні**. Абразивні матеріали діляться на *шліф-зерно, шліф-порошки, мікропорошки і тонкі мікропорошки*.

З абразивних матеріалів виготовляються різноманітні абразивні круги, бруски, абразивні шкурки і стрічки, порошки і пасти. Абразивні круги можуть бути виготовлені з природних або штучних абразивних матеріалів, за допомогою них виконується шліфування і заточка.

До природних абразивних матеріалів належать: корунд, наждак і природний алмаз (рис. 4.7.4).

До штучних абразивних матеріалів належать: електрокорунд, карборунд (карбід кремнію), карбід бору, синтетичні алмази, кубаніт (кубічний нітрид бору), ельбор (рис. 4.7.5).

Як зв'язку при виготовленні абразивних кіл і брусків застосовують керамічні, бакелітові, вулканітові, металеві та інші матеріали. Кожен абразивний матеріал характеризується *зернистістю, твердістю, механічною міцністю і абразивною здатністю*.

Зернистість шліф-зерна і шліф-порошків (позначення зернистості згідно з ДСТУ 52381–2005, має європейський сертифікат FEPA 42D) визначається в сотих частках міліметра, а мікропорошків — у мікрометрах.

➤ **Показники зернистості**

- 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16.
- Шліф-порошки — 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3.
- Мікропорошки — M63, M50, M40, M28, M20, M1.
- Тонкі мікропорошки — M10, M7, M5.

➤ **За твердістю абразивні круги і бруски маркують так:**

- м'які — М (М1, М21, М3);
- середньом'які — СМ (СМ1 і СМ2);
- середні — С (С1 і С2);
- середньотверді — СТ (СТ1, СТ2 і СТ3);
- тверді — Т (Т1 і Т2);
- вельми тверді — ВТ (ВТ1 і ВТ2);
- надзвичайно тверді — ЧТ (ЧТ1 і ЧТ2).

Кожен абразивний круг має клеймо, в якому вказується абразивний матеріал, твердість, зернистість і максимальна швидкість обертання, а також клеймо підприємства-виробника. Твердість абразивного круга визначається твердістю сполучного матеріалу. Номер абразивного круга вказує на його зернистість. Чим більший номер, тим вища зернистість (більший діаметр зерна).

Допоміжними матеріалами називаються такі, які безпосередньо не входять в виріб. До них належать різноманітні *мийні та очисні речовини, охолоджувальні рідини, фарби, лаки, оливи, мастила, клей, фетр, гума, кислоти, луги*, а також ганчірки, які використовують у слюсарній справі.

4.8. Термічна обробка

Термічна обробка сталі — це технологічний процес, який полягає у нагріванні сталі до певної температури, витримки і подальшого охолодження з певною швидкістю.

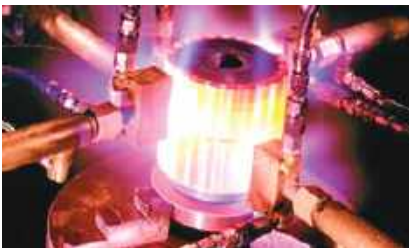


Рис. 4.8.1. Термічна обробка

При термічній обробці отримують необхідні властивості сталі, змінюючи її структуру без зміни хімічного складу. Біля 40 % сталі, яку використовують у машинобудуванні для виготовлення деталей машин, приладів, устаткування, піддають різноманітним видам термічної обробки.

Термічна обробка (рис. 4.8.1) може застосовуватися або як проміжна операція (попередня термообробка) для поліпшення оброблюваності тиском, різанням, зняттям напруження, або як остаточна операція (остаточна термообробка) технологічного процесу, що забезпечує заданий рівень властивостей виробу.

Після впливу на сталь тиском (*кування, пресування, прокат, видавлювання*) необхідно надати матеріалу додаткові фізико-механічні властивості: жорсткість і певну твердість. Для цього в металургії та виробництві застосовується *вплив температурами*.

Швидкість нагрівання вибирається залежно від ряду чинників: теплопровідності сталі, форми і розмірів деталей, загальної маси деталей, що нагріваються, характеру їх розташування в печі та деяких інших.

Тривалість витримки при заданій температурі нагрівання визначається швидкістю фазових перетворень, що відбуваються в металі. Витримка необхідна для завершення фазових перетворень і вирівнювання температури по об'єму деталі.

Нагрівання до необхідної температури з подальшим охолодженням призводить до значних змін у внутрішній структурі металу. Внаслідок цього він набуває нових властивостей, які безпосередньо залежать від обраних термічних режимів.

➤ **Термообробка сталі дозволяє змінювати:**

- твердість;
- крихкість;
- в'язкість;
- стійкість до деформації;
- зносостійкість;
- хімічну корозію.

➤ **До основних видів термічної обробки відносять:**

- загартування;
- відпуск;
- відпалювання (відпал).

Окрім цього, існують **комбіновані способи**: хіміко-термічна та термомеханічна обробки, що поєднують в собі нагрів і охолодження з іншими видами впливу на структуру металу.

При всьому різноманітті базових видів та їх різновидів сутність у всіх цих технологій одна — **зміна внутрішніх фазних і структурних станів металу з метою надання йому необхідних властивостей**.

За допомогою чергування циклів нагріву та охолодження можна в рази збільшити твердість, зносостійкість, пластичність та ударну в'язкість виробу.

Також термічна обробка дає можливість отримувати структурні зміни тільки в поверхневому шарі на задану глибину або впливати тільки на частину заготовки.

Поєднання термообробки з гарячою обробкою тиском приводить до значного збільшення твердості металу, що перевищує результати, отримані окремо при загартуванні.

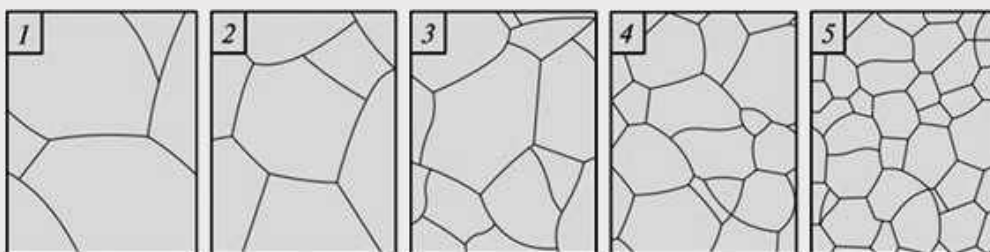


Рис. 4.8.2. Фазові перетворення сталі (стандартна шкала зернистості сталі (100х): 1–10 — бали зерна)

У процесі *хіміко-термічної обробки* поверхневий шар металу дифузійним способом насичується хімічними елементами, що значно підвищує його зносостійкість та твердість. При цьому основна частина виробу зберігає в'язкість та пластичність.

Перетворення в сталі при нагріванні пов'язані з досягненням сплавом критичних температур, при яких відбуваються фазові перетворення (рис. 4.8.2).

Відпуск — це, як правило, фінішна операція термічної обробки виробу (рис. 4.8.3).



Рис. 4.8.3. Відпуск металу

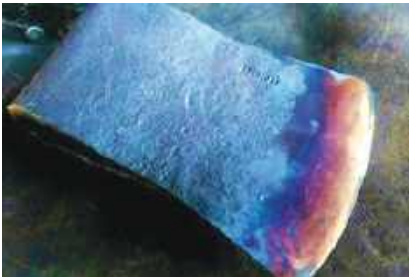


Рис. 4.8.4. Зміна забарвлення заготовки при нагріванні

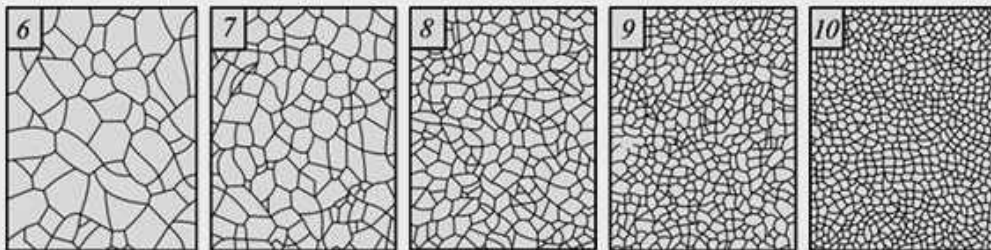
Відпуск проводять після гартування для зняття у сталі залишкових напружень і зменшення її крихкості, а також підвищення в'язкості та опірності ударним навантаженням. При відпуску деталь нагрівають до температури нижче 727° С, а потім повільно остиджують на повітрі.

Головним параметром режиму відпуску, який визначає структуру, а отже — і властивості сталі, є температура.

➤ **За температурою нагрівання розрізняють такі види відпуску:**

- **низький** — нагрівання здійснюється до температури до 200° С. Застосовують для різального інструмента й цементованих сталей для збереження високої твердості та стійкості до зносу;
- **середній** — нагрівання до температури 300–450° С. Використовують для підвищення пружності і опору втомі ресорних та пружинних сталей;
- **високий** — діапазон нагріву становить 460–710 °С. Термічна обробка, що включає загартовування з високим відпуском, у термістів має назву **поліпшення**, тому що в цьому випадку досягається найкраще співвідношення пластичності, зносостійкості та в'язкості.

При низькотемпературному термічному нагріванні метал покривається кольоровими оксидними плівками, які змінюють своє забарвлення залежно від температури від блідо-жовтого до сірувато-сизого (рис. 4.8.4). Це досить надій-



ний індикатор нагріву деталі, і тому досить часто роблять відпуск, орієнтуючись на колір деталі при нагріві.

Дефекти при відпалі:

- перегрів;
- перепал;
- зневуглицьовування;
- окислення деталей і заготовок.

Перегрів виникає при недотриманні температурного режиму за високих температур і при технологічно необґрунтованій тривалій витримці в печі.

Також перегрів може виникнути при нагріванні заготовок для гарячого деформування, при відпалі виробів складної конфігурації, нагріванні до температури значно вищої за критичну або при тривалій витримці при технологічно обґрунтованій температурі. Перегрів є виправним дефектом. Для його виправлення слід зробити повний відпал з дотриманням всіх температурних режимів.

Значний перегрів супроводжується швидким зростанням зерна, який пошкоджує межі цих зерен. Пошкодження меж зерен називається **перепалом**.



Рис. 4.8.5. Цементация



Рис. 4.8.6. Ціанування та нітроцементация

Унаслідок перегріву виникає грубозерниста структура, яка отримала назву структури перегріву.

Грубозерниста структура має знижену пластичність, схильність до утворення тріщин, розтягуючих напружень, викривлення деталей.

Перепал виникає тоді, коли метал тривалий час витримують при високих температурних режимах. При цьому іноді відбувається часткове оплавлення меж зерен або їх активне окислення. Деталь стає крихкою. Перепал — невиправний дефект і є браком відпалу.

Комбінована термічна обробка — це високотемпературне насичення верхнього шару металу хімічними речовинами, що підвищують його твердість та зносостійкість.

Види комбінованої термічної обробки:

- **цементация** — насичення верхнього шару сталі вуглецем при температурі в діапазоні від 900 до 950° С (рис. 4.8.5);
- **нітроцементация** — насичення проводиться одночасно азотом і вуглецем з газоподібного середовища при нагріванні від 850 до 900° С (рис. 4.8.6);
- **ціанування**: поверхневий шар насичується тими ж елементами, що і при нітроцементации, але з розплаву солей ціанідів (рис. 4.8.6);



Рис. 4.8.7. Азотування



Рис. 4.8.8. Насичення твердими сполуками металів



Рис. 4.8.9. Кріогенна обробка



Рис. 4.8.10. Загартування металу

- **азотування** — це процес дифузійного насичення поверхневих шарів сталевих виробів азотом. Виконується при температурі не вище 600° С (рис. 4.8.7);
- **насичення твердими сполуками металів і неметалів** (бору, хрому, титану, алюмінію і кремнію) (рис. 4.8.8).

При перших чотирьох видах насичення відбувається з газових середовищ, а при останньому — з порошків, розплавів, паст і суспензій.

Кріогенна обробка полягає в охолодженні сталі до критично низьких температур у результаті трансформації залишкового аустеніту в мартенсит (рис. 4.8.9).

Для цього деталі занурюють у рідкий азот, який має температуру -195° С і витримують у ньому протягом розрахункового часу, який залежить від марки сталі та маси виробу. Після цього деталь природним чином нагрівається до кімнатної температури, а потім, як і при звичайному термічному загартуванні, піддається відпуску, параметри якого залежать від потрібного результату.

У виробів зі сталі, обробленої таким чином, підвищується не тільки твердість, але й міцність. Крім того, після впливу наднизьких температур у виробі припиняються процеси старіння і протягом тривалого часу він не змінює своїх лінійних розмірів.

При **загартуванні металу** відбувається нагрів виробу до критичних показників, а після цього охолодження проводиться не поступово і природно, а різко і примусово (рис. 4.8.10). Для зниження температури використовують: стиснене повітря, водяний туман, а також рідке полімерне гартівне середовище. Крім міцності, метал отримує менші параметри в'язкості та еластичності.

➤ **Способи загартування**

- **Загартування в одному охолоджувачі** — нагріту до певних температур деталі занурюють у гартівну рідину, де її залишають до повного охолодження. Відбувається швидке охолодження і виникає нерівномірність температур. Не можна так

обробляти метал з великим вмістом вуглецю, оскільки такий матеріал може зруйнуватися від агресивного впливу.

- **Ступеневе гартування** — спочатку метал термічно обробляють, а після досягнення необхідної температури його укладають в соляну ванну. Спочатку температура вирівнюється в усіх точках деталі і тільки потім її охолоджують з використанням оливи, повітря або туману.
- **Світле загартування** — при такому методі матеріал спочатку витримують у соляній ванні з додаванням хлористого натрію. Потім його охолоджують у ванні з їдким натрієм і їдким калієм.
- **Гартування із самовідпуском** — при цьому способі деталей витягується з системи охолодження ще до того моменту, як температура впаде. У центрі заготовки або деталі в цей час ще зберігається високий показник температури. По закінченню відпуску деталі її охолоджують повністю за допомогою занурення в спеціальне середовище.
- **Ізотермічне загартування**. Аналог ступеневого загартування з більш довгим часом витримки в соляній ванні.
- **Поверхнєве загартування** — термічна обробка гартуванням, при якій гартується лише поверхневий шар виробу на задану глибину, тоді як серцевина виробу залишається незагартованою. У результаті поверхневий шар має високу міцність і твердість, а серцевина виробу залишається пластичною і в'язкою, що забезпечує високу зносостійкість і одночасно стійкість до динамічних навантажень.

При цих методах метал набуває інших властивостей, оскільки різке охолодження впливає на внутрішнє напруження виробу. Але, як показує практика, при неправильному виборі середовища для охолодження можна зіпсувати вихідний матеріал. Важливо, що саме використовують для охолодження. При застосуванні води якість металу одразу знижується. Тому краще використовувати оливи.

Якщо матеріал або заготовка нерівномірні по товщині, то в першу чергу охолоджують більш товсту частину заготовки.

Довгі деталі опускають в охолоджувальне середовище строго вертикально.

Дефекти при загартуванні:

- грубозерниста структура матеріалу;
- підвищені параметри крихкості;
- заготовку або деталь може при загартуванні покоробити;
- виникнення тріщин.

Виправити дрібні дефекти можна за допомогою відпалу, повторного загартування з використанням іншого гартівного середовища і дотриманням усіх технологічних операцій.

Нормалізація — вид обробки, при якому здійснюють нагрів та витримку виробів при заданій температурі з подальшим поступовим охолодженням (рис. 4.8.11).

Температура нормалізації сталі залежить від виду матеріалу.

Цей процес здатний привести до внутрішньої перекристалізації з усуненням грубозернистої структури, отриманої при литві чи куванні.

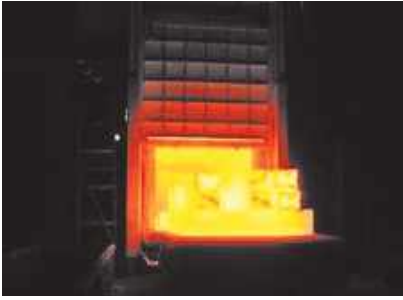


Рис. 4.8.11. Нормалізація

Нормалізація може використовуватися для міді та чавуну, але найбільшого поширення набула нормалізація сталі.

➤ Цілі нормалізації:

- поліпшення мікроструктури сталі;
- підвищення механічних властивостей і підготовка до подальшої термічної обробки;
- виправлення структури після кування та штампування деталей;
- усунення перегріву після зварювання деталей і зняття напружень в зварному шві;
- підвищення в виливках межі плинності і міцності, а також ударної в'язкості.

Для деяких марок вуглецевих і спеціальних сталей нормалізація є остаточною операцією термічної обробки, оскільки в результаті нормалізації ця сталь набуває необхідних властивостей.

Аустенізація застосовується для поліпшення механічних властивостей металу при температурі $1050\text{--}1100^\circ\text{C}$ (рис. 4.8.12). Найбільш часто її використовують для зварних з'єднань паропроводів, виготовлених з аустенітної сталі.



Рис. 4.8.12. Аустенізація

➤ Цілі аустенізації:

- отримання однорідної структури аустеніту;
- поліпшення механічних властивостей сталі (особливо пластичності);
- зниження рівня залишкових зварювальних напружень на 70–80 %.

➤ Обладнання, що використовується для термообробки:

- нагрівальні установки;
- гартувальні ємності;
- пристрої для приготування та подачі рідких і газоподібних середовищ;
- підймальне та транспортне обладнання (рис. 4.8.13).



Рис. 4.8.13. Обладнання для термообробки

До першого виду належать камерні печі для термообробки металів і сплавів. Крім того, нагрів може здійснюватися високочастотними індукторами, газоплазмовими установками і ваннами з рідкими розплавами.

Окремим видом нагрівального обладнання є установки для хіміко-термічної і термомеханічної обробки. Завантаження і вивантаження виробів проводиться за допомогою мостових кранів, кран-балок та інших підймальних механізмів,



Рис. 4.8.14. Загартування сталі



Рис. 4.8.15. Загартування з нагріванням в соляній печі-ванні



Рис. 4.8.16. Загартування в захисних покриттях

а переміщення між операційними вузлами термічної обробки — спеціальними візками з кріпильним оснащенням.

Пристрої, що забезпечують процес термообробки рідкими та газоподібними середовищами, зазвичай розташовуються поблизу відповідного обладнання або ж з'єднані з ним трубопроводами. Основною вимірювальною технікою термічного цеху є різні пірометри, а також стандартний вимірювальний інструмент.

Основні відмінності термічної обробки кольорових металів та сплавів пов'язані з особливістю будови їх кристалічних решіток, підвищеною або зниженою теплопровідністю, а також хімічною активністю щодо кисню і водню. Наприклад, практично не існує проблем з прожарюванням при термообробці алюмінієвих і мідних сплавів, а для титану це одне з основних інженерних завдань, тому що його теплопровідність у п'ятнадцять разів нижча, ніж в алюмінію. Сплави міді при високих температурах активно взаємодіють з киснем, тому їх термічна обробка повинна виконуватися в захисних середовищах. Алюмінієві сплави практично інертні до атмосферних газів, а титан, навпаки, має схильність до насичення воднем, тому для зниження частки водню його необхідно відпалювати у вакуумному середовищі. При термічній обробці виробів з деформованих алюмінієвих сплавів (профілі, труби, кутники) необхідне дуже точне дотримання температури нагріву, при цьому вона не повинна бути високою — $450 \div 500^\circ \text{C}$.

При термічній обробці виробів з деформованих алюмінієвих сплавів (профілі, труби, кутники) необхідне дуже точне дотримання температури нагріву, при цьому вона не повинна бути високою — $450 \div 500^\circ \text{C}$.

Загартування зазнають чавуни, кольорові метали та сталі (рис. 4.8.14). Цей вид термообробки полягає в нагріванні деталей і швидкому подальшому охолодженні у воді, гартівній рідині або мастилі.

Основні цілі загартування — це підвищення твердості, міцності, зносостійкості, покращення фізико-механічних властивостей.

Найбільш часто використовують загартовані сталі 20, сталі 40Х та сталі 45.

Популярними є загартування в **соляній ванні**, **захисних покриттях** та **індукційне загартування**. Для вуглецевих сталей охолодження проводять найчастіше у воді, а для легованих — в оливі або в інших гартівних рідинах. Гартування не є остаточною операцією термічної обробки. Для того щоб зменшити крихкість і викликані загартуванням залишкові напруження в заготовках та отримати необхідні механічні властивості, їх піддають відпуску.

Загартування з нагріванням в соляній печі-ванні — це обробка деталей в захисному середовищі гартівної соляної ванни (рис. 4.8.15).

Нагрівання до температури гартування у соляній печі-ванні відбувається у спеціально розробленому складі солей. При цьому максимально знижуються або взагалі не відбуваються окислювальні процеси на деталях і утворення окалини.

При вивантаженні деталей з розплаву солі на поверхні утворюється тонка захисна плівка, яка перешкоджає впливу кисню з атмосфери, а під час безпосереднього гартування вона мимовільно видаляється з оброблюваних виробів.

Загартування в захисних покриттях виконують зі застосуванням захисних технологічних покриттів, які оберігають деталі від окислення та зневуглецювання в процесі високотемпературного нагріву під загартування (рис. 4.8.16).

У процесі охолодження унаслідок різних коефіцієнтів лінійного розширення покриття мимовільно відшаровується від оброблюваних деталей, що викликає необхідність додаткового очищення деталей.

Покриття наносять шляхом занурення або розпилення у два заходи з проміжною сушкою 10–20 хвилин, деталі попередньо очищають від забруднень та оливи, а також підігріваються для кращого схоплювання покриття на поверхні.

Застосування захисних покриттів при термічній обробці дозволяє здійснювати безокислювальний нагрів практично будь-яких деталей, що в свою чергу допомагає скоротити витрату дорогого різального інструмента, знизити трудомісткість механічної обробки, а отже собівартість виготовлення деталей.

СВЧ-гартування (індукційне гартування) — це поверхневе зміцнення сталевих виробів шляхом гартування струмами високої частоти (СВЧ) (рис. 4.8.17).

При поверхневому загартуванні на задану глибину гартується тільки поверхневий шар, тоді як серцевина виробу залишається не загартованою. Завдяки цьому вона зберігає в'язкість і добре сприймає ударні навантаження.



Рис. 4.8.17. Індукційне гартування

Індукційний нагрів відбувається внаслідок теплового впливу струму, що індукується у виробі, поміщеному в змінне магнітне поле.

Вибір оптимальної товщини зміцнюваного шару визначається умовами роботи оброблюваної деталі. Коли виріб працює тільки на знос або в умовах втоми, загартований шар найчастіше має товщину 1,5–3,0 мм, в умовах високих контактних навантажень і можливого перешліфування — 4,0–5,0 мм. У разі особливо великих контактних навантажень товщина загартованого шару може досягати 10–15 мм і більше.

При поверхневому загартуванні СВЧ нагрів проводять до більш високої температури, ніж при звичайному об'ємному загартуванні. Це обумовлено двома причинами: 1) при дуже великій швидкості нагріву температури критичних точок, при яких відбувається перехід перліту в аустеніт, підвищуються; 2) потрібно, щоб це перетворення встигло завершитися за дуже короткий час нагріву, а що вища температура — то швидше воно відбувається.

Незважаючи на те, що нагрів при високочастотному загартуванні проводять до більш високої температури, ніж при звичайному, перегріву металу не відбувається. У багатьох випадках високочастотне загартування дає змогу замінити леговані сталі більш дешевими — вуглецевими.

Після проведення поверхневого високочастотного загартування деталі піддають низькому відпуску при температурі 160–200° С. Це сприяє зменшенню крихкості загартованого шару. Відпуск проводиться в електропечах. Можна також здійснити самовідпуск.

Індукційний нагрів дозволяє скоротити тривалість термічної обробки, отримувати вироби без окалини, що зменшує величину припуску на подальшу механічну обробку, зменшує деформацію та викривлення виробів в процесі термообробки.

Цілі поверхневого загартування — підвищення твердості, підвищення зносостійкості, підвищення межі витривалості.

Старіння — це операція термічної обробки, при якій в загартованому без поліморфного перетворення сплаві відбувається розпад пересиченого твердого розчину (рис. 4.8.18).



Рис. 4.8.18. Старіння металу

Причиною старіння сталі є пересичення фериту вуглецем і азотом, а також домішковими атомами, що характерно для низьковуглецевих сталей ($\leq 0,03\%$ С).

У результаті старіння відбувається зміна властивостей загартованих сплавів. На відміну від відпуску, після старіння збільшуються міцність, твердість та зменшується пластичність.

Старіння сплавів пов'язано зі змінною розчинністю надлишкової фази, а зміцнення при старінні відбувається в результаті дисперсійних виділень при розпаді пересиченого твердого розчину і виникненні при цьому внутрішніх напружень.

Залежно від температури нагріву загартованого сплаву, старіння може відбуватися при кімнатній температурі (**природне старіння**) або підвищеній температурі (**штучне старіння**).



Рис. 4.8.19. Класифікація видів нанесення металевих покриттів

➤ **Два види старіння залежно від рушійної сили розпаду:**

- термічне старіння, що відбувається в загартованому сплаві;
- деформаційне старіння, що відбувається у виробах після пластичної деформації при температурі, яка нижча за температуру рекристалізації.

Функціонально-орієнтоване покриття включає цілий ряд сучасних видів покриття поверхонь (рис. 4.8.19).

➤ **Покриття існують таких видів:**

- захисні покриття, призначенням яких є захист від корозії деталей у різних агресивних середовищах, зокрема при високих температурах;
- захисні декоративні покриття, що служать для декоративного оздоблення деталей з одночасним захистом їх від корозії;
- спеціальні покриття, які застосовують з метою надання поверхні спеціальних властивостей (зносоустійкості, твердості, електроізоляційних, магнітних властивостей тощо), а також відновлення зношених деталей.

➤ **Виокремимо такі способи покриттів:**

- **гаряче занурення в розплав** — один з найстаріших методів нанесення покриття. Метали ванни мають низьку температуру плавлення — це цинк, олово, алюміній. Вони забезпечують захист основного металу від корозії;

- **напилювання** здійснюється дрібними частинками матеріалу, що утворюються під час пропускання дроту або порошку через киснево-ацетиленове полум'я, з подальшим осадженням на холодну основу. Для нагрівання можна використувати електродугу або плазмову металізацію. Це сприяє поліпшенню адгезії і зниженню пористості покриття;
- **наплавлення** здійснюється сплавленням матеріалу, що осідає на поверхневий шар основи. Наплавлення широко застосовується для ремонту окремих деталей, пошкоджених або зношених у процесі експлуатації. Для нанесення покриття методом наплавлення можуть використовуватися всі основні зварювальні процеси: газополум'яний, електродугувий, плазмовий і т.д.;
- **електрохімічне осадження металів** з розчинів солей зазвичай застосовують для отримання гальванічного покриття з хрому і нікелю товщиною 0,12–0,60 мм;
- **електролітичне нанесення** покриття із сплавів Ni-P і Ni-B здійснюють у результаті хімічної взаємодії. У цьому випадку покриття формуються по всій поверхні деталей з однаковою швидкістю товщиною до 0,12 мм, тоді як гальванічні покриття насамперед формуються на виступаючих ділянках — кромках, ребрах, гранях;
- **хіміко-парове осадження** — процес, під час якого стійкі продукти реакції зароджуються та ростуть на підкладці в середовищі, в якому протікають хімічні реакції (дисоціація, відновлення тощо). Завдяки високій температурі на поверхні утворюються дуже тонкі шари, наприклад, карбіду або нітриду титану. Процес використовується для нанесення покриття на інструмент і штампи;
- **фізичне осадження з парової фази**, яке протікає в декілька стадій: 1) нагрівання матеріалу у вакуумі до випаровування; 2) перенесення парів від джерела до підкладки; 3) конденсація парів на основі — підкладці;
- **механічне нанесення покриттів** використовують для отримання цинкових, кадмієвих та олово-кадмієвих покриттів. Деталі перемішують у посудинах з відповідними тонкими металевими порошками, активаторами і скляними кульками;
- **іонна імплантація** передбачає іонізацію атомів з наступним прискоренням іонів в електричному полі у вакуумі. Іони гальмуються під час зіткнення з мішенню і розподіляються по глибині мішені. Хоча глибина проникнення іонів не більша 0,1–0,2 мкм, властивості металу можуть істотно змінюватися.

Функціонально орієнтовані технології є перспективними для багатьох областей застосування, наприклад, для роликів прокатних станів. Головна особливість цього підходу — краща адаптація виробу до умов експлуатації. Це, в свою чергу, значно підвищує термін служби роликів, оскільки зменшується та стає рівномірним процес зносу по довжині бочки ролика, збільшується час між перевалками і, як наслідок, підвищується продуктивність прокатного стану.

З негативних явищ можна відзначити ускладнення процесу розробки технології для обробки виробу в цілому.

РОЗДІЛ 5. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛУ У СЛЮСАРНІЙ СПРАВІ

5.1. Нова технологія отримання отворів і різьби безстружковим інструментом

Технологія термічного свердління дає змогу отримувати міцне різьбове з'єднання в тонкостінних металоконструкціях.

Термічне свердління — процес пластичного формування наскрізного отвору в тонкостінній металевій заготовці за допомогою нагріву за рахунок тертя інструмента об заготовку (рис. 5.1.1).



Рис. 5.1.1. Термічне свердління

У процесі термічного свердління в заготовці навколо формованого наскрізного отвору з обох сторін утворюються кільцеві буртики.

Основним інструментом формування в процесі пластичного отвору є **наконечник**. Його можуть використовувати на будь-якому свердильному, фрезерному верстаті або обробному центрі з числовим програмним керуванням (ЧПК). У поєднанні з головним обертальним і поступальним рухом подачі наконечника за рахунок тертя об заготовку відбувається нагрів інструмента і заготовки до високих температур, які можуть досягати 900° С для інструмента і 700° С для заготовки. Для запобігання перегріву наконечника і оснащення використовується спеціальний цанговий патрон, забезпечений охолоджувальним радіатором.

➤ **Використання операцій термічного свердління дає такі переваги перед іншими способами отримання різьбових отворів в тонкостінних металевих профілях:**

- формування отворів без утворення стружки;
- висока точність і низька шорсткість отвору;
- висока стійкість інструмента (при дотриманні рекомендованих режимів роботи, наконечник — 10 000 отворів);
- робота без додаткового спеціального обладнання, яку можна проводити на будь-якому свердильному або фрезерному верстаті;
- висока продуктивність;
- низька собівартість.

Сформувати кріплення за допомогою наконечника можна у виробках з товщиною стінки від 1 до 10 мм, які виготовлені з більшості видів чорних і кольорових металів, включаючи *маловуглецеві сталі, нержавіючу сталь, мідь і алюміній*.

Завдяки високій температурі матеріал заготовки стає пластичним, дозволяючи інструмента сформувати в тонкій стінці з обох сторін кільцевий буртик, який

утричі більший від первинної товщини металу. Таким чином, сформовані буртики ідеально підходять для накочування в них різьби, оскільки значно збільшуються отримувана кількість витків і допустиме навантаження на різьбу. Це є прекрасною альтернативою приваренням гайкам і різьбовим вставкам.

Режим формування отвору при термічному свердлінні визначається частотою обертання наконечника і його подачею. Частота обертання наконечника залежно від матеріалу і діаметра становить від 1100 до 6000 об/хв і подача від 270 до 700 мм/хв, тобто використання цього способу свердління дозволяє скоротити технологічний процес формування отвору з уже готовими кільцевими буртиками під різьбу до 2–3 секунд.

Необхідною умовою успішного застосування технології термічного свердління є ефективне змащування. Використання консистентного мастила сприяє збільшенню стійкості наконечників, зменшенню зносу і запобігає налипанню оброблюваного матеріалу.

У формуванні кріплення тонкостінної деталі є **накочування різьби** (рис. 5.1.2). Накочування внутрішньої різьби безстружковими мітчиками — це один з найбільш продуктивних способів утворення різьби в деталях без зняття стружки.



Рис. 5.1.2. Накочування внутрішньої різьби



Рис. 5.1.3. Приклад різьбового отвору

Спеціальна геометрія безстружкового мітчика дає змогу зменшити тертя і забезпечити легкий доступ мастильного матеріалу в зону деформування.

На відміну від процесу нарізування різьби при накочуванні матеріал піддається пластичному деформуванню із зусиллям, що перевищує межу плинності і робить процес незворотнім. Утворюється наклеп, завдяки якому збільшується міцність і зносостійкість поверхні різьби. Даний спосіб виготовлення різьби має деякі специфічні особливості. Одним з основних факторів, що визначають ефективність процесу накочування внутрішньої різьби, є охолодження-змазування. Правильний вибір мастильно-охолоджувальної рідини є дуже важливим фактором, що забезпечує працездатність безстружкових мітчиків. Що ефективніше охолодження і змазування мітчика в процесі обробки, то вища його стійкість і краща якість одержуваного різьбового отвору (рис. 5.1.3).



Використання комбінації операцій термічного свердління і накочування різьби має певні переваги:

- формування різьби без утворення стружки;
- висока точність різьби;
- висока стійкість інструмента (при дотриманні рекомендованих режимів роботи мітчик — 20 000 отворів);
- не потрібно додаткового обладнання і можна проводити на будь-якому свердильному або фрезерному верстаті;

- висока міцність різьби;
- висока продуктивність;
- низька собівартість.

Оброблювані матеріали: *сталь, нержавіюча сталь, кольорові метали і сплави (алюміній, латунь, мідь).*

Обладнання: *фрезерний або свердильний верстат, а також обробний центр з ЧПК.*

Застосовують для масового і малосерійного виробництва, одиничних виробів з можливістю роботи на автоматизованих лініях — для будь-яких типів різьб (метричні, дюймові UNF, UNC, NPT).

5.2. Фрезерування різьби

Фрезерування різьби може проводитися на металорізальних верстатах, здатних здійснювати одночасне переміщення відразу по трьох осях — X, Y і Z.

➤ Фрезерування різьби використовується при виготовленні:

- деталей великих розмірів;
- різьби великого діаметра або кроку;
- різьб на тонкостінних металах тощо.

При фрезеруванні різьби (рис. 5.2.1) профіль майбутнього отвору формується завдяки круговому врізанню обертового інструмента. Крок різьби визначають величиною лінійного переміщення фрези за один оберт.



Рис. 5.2.1. Фрезерування різьби

➤ Цей спосіб дає кращі результати у випадках:

- обробки асиметричних деталей;
- обробки не обертових елементів;
- при тонкостінних металах;
- важкооброблювані заготовки.

Щоб різьба вийшла високоякісною, необхідно працювати з подачею на зуб. Це значення допускається до 0,15 міліметра на один зуб.

Різьбо-фреза з маленьким радіусом дає можливість отримати високоякісну різьбу. Для мінімізації відхилень радіус фрези повинен мати розмір 0,7 від радіуса майбутньої різьби.

Існує два види фрезерування: **попутний** і **зустрічний**.

Попутний — цей метод частіший і кращий, ніж зустрічне фрезерування (рис. 5.2.2), оскільки при

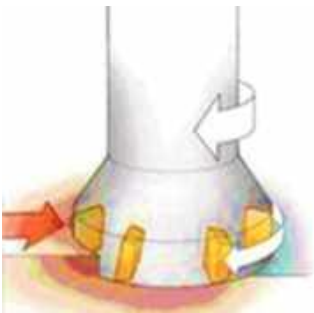


Рис. 5.2.2. Попутний метод

цьому фрезеруванні напрямки подачі й обертання різального інструмента збігаються. Перевага методу: стружка тонка, товщина наближається до нуля на виході, відсутнє сильне тертя.

➤ **Особливості попутного фрезерування:**

- ширина стружки починається з максимальної і зменшується;
- стружка падає за різальним інструментом, тим самим зменшується її повторний різ;
- менше зношується інструмент, що продовжує термін служби на 50 %;
- покращується якість обробки поверхні через менше вторинне нарізування;
- різання на подачі надає спадне зусилля на деталь, що спрощує вимоги до її кріплення. Спадне зусилля також зменшує вібрацію при установці верстата на тонких підлогах;
- фрезерування на подачі знижує зусилля на деталь, проте воно може викликати відколи при фрезеруванні гарячекатаних матеріалів через загартований шар на поверхні;
- відхилення інструмента відбувається перпендикулярно до подачі, тому воно може збільшувати або зменшувати ширину розрізу і впливати на точність;
- при роботі потрібна менша потужність.

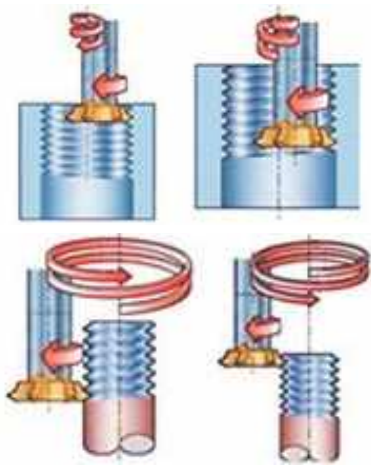


Рис. 5.2.3. Зустрічний метод

При **зустрічному** методі напрямки різьбо-фрези і подачі не збігаються, вони протилежні (рис. 5.2.3). Під час роботи відбувається вигладжування поверхні. Також відбувається підвищення температури і тертя. Це призводить до зміцнення поверхні заготовки. Зустрічне фрезерування не завжди бажаний процес, оскільки знижується стійкість фрези і скорочується експлуатаційний період.

Окрім цього, мінуси методу — висока товщина стружки і підвищення температури на виході. Через це стружка налипає або наварюється на різальну кромку фрези. Подальший процес може бути неможливий, відбувається руйнування кромки.

➤ **Характеристики зустрічного фрезерування:**

- ширина стружки починається з нульової та збільшується в міру того, як фреза закінчує нарізку;
- в процесі різання створюються висхідні сили, які прагнуть підняти заготовку під час фрезерування;
- при зустрічному фрезеруванні потрібно більше енергії, ніж при попутному;
- якість оброблюваної поверхні стає гіршою, тому що стружка підіймається стружковими канавками і падає перед різальним інструментом. У результаті більшість стружки ріжеться повторно. У цій ситуації може допомогти подача мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) у зону різ;

- інструмент зношується швидше, ніж при попутному фрезеруванні;
- зустрічний метод використовують переважно для обробки шорстких поверхонь;
- інструмент відхиляється паралельно напрямку подачі.

Для будь-якої операції розраховується правильне значення заданої подачі. Це дає правильне навантаження на всі елементи верстата.

У більшості випадків нарізка різьб виконується без використання МОР, оскільки вона збільшує амплітуду температур на вході і виході. Це провокує виникнення тріщин. МОР найкраще застосовувати при обробці сплавів або матеріалів, які витримують підвищені температури (алюміній, чавун). Щоб поліпшити відведення стружки, застосовується обдув повітрям з балона.

Щоб підвищити безпеку праці і надійність фрезерування різьби, потрібно виконувати запобіжні заходи: часто міняти гвинти і стежити, щоб гніздо для пластины залишалося чистим, оскільки зайве сміття може пересунути пластину.

5.3. Різьбонарізні патрони

Для того щоб отримати різьбу потрібної якості, треба правильно підібрати оснащення.

Різьбонарізні патрони використовують для спрощення процесу створення різьби мітчиками (рис. 5.3.1).



Рис. 5.3.1. Різьбонарізні патрони

➤ Особливості конструкції різьбонарізних патронів:

- система осьової компенсації проводить компенсування показника різниці між встановленою подачею і кроком встановленого мітчика. Розглянута особливість дає можливість застосовувати свердлильні верстати для створення різьбової поверхні в циліндричному тілі згідно зі ДСТУ;
- встановлена всередині запобіжна муфта проводить регулювання показників переданого крутного моменту.

Муфта кулькова — запобіжний елемент, що дає змогу налаштувати найбільш оптимальний режим обробки для різних сплавів. Якщо потрібна велика точність, то крутний момент зменшується, швидкість обробки падає, і таким чином досягається більш висока точність. Крім цього, важливо враховувати те, з якого матеріалу виготовлені мітчики. Зменшення крутного моменту — це міра, що дозволяє захистити мітчик від поломки.

Запобіжний механізм спрацьовує при зупинці мітчика. Якщо його не буде, тоді різальний інструмент може зламатися від навантаження, яке виникло. Запобіжні головки, які використовуються при роботі свердлильного верстата, містять складові, що дозволяють створити запобіжну конструкцію для захисту різального інструмента від сильного впливу обертаючої сили. Для мітчика є



Рис. 5.3.2. Корпус спеціальної втулки

спеціальне гніздо, яке має квадратну форму. Гніздо представлено отвором у корпусі та спеціальною втулкою (рис. 5.3.2).

Затиск різального інструмента відбувається за рахунок кульок і переміщення втулки під дією пружини.

Основний рух, осьовий, передає крутний момент до корпусу через кульки і поводок, які підтискаються тарілчастими пружинами і кільцем. Спеціальна гайка змінює показник деформації тарілчастих пружин, що і обумовлює зміну показника переданого крутного моменту.

➤ Переваги різьбонарізних патронів:

- висока якість обробки при використанні мітчиків;
- можливість зменшення собівартості шляхом використання обладнання, яке виконує не тільки роботи з різьбонарізання;
- установлений показник переданого крутного моменту згідно з ДСТУ;
- можливість налагодження роботи за допомогою спеціальної гайки;
- швидка зміна різального інструмента разом із запобіжною головкою;
- можливість використання з запобіжним пристроєм, який захистить різальний інструмент від згубного впливу високого показника крутного моменту;
- обробку може проводити майстер, який не має високої кваліфікацією.

Серед недоліків можна відзначити тільки збільшення собівартості деталей, а також спеціалізацію великого числа моделей цієї оснастки на нарізуванні правої різьби.

5.4. Свердління квадратних отворів

Просвердлити отвір **квадратної форми** можна як у виробах з м'якої деревини, так і в більш твердих металевих деталях. Для свердління використовуються спеціальні інструменти і пристосування, принцип дії яких базується на властивостях найпростіших геометричних фігур (рис. 5.4.1).



Рис. 5.4.1. Свердла для квадратних отворів (а), свердло-долото (б)

Рис. 5.4.2. Свердління квадратного отвору



Рис. 5.4.3. Свердло (а) та просікач (б)



Рис. 5.4.4. Будова прес-тримача свердла з сорочкою-просікачем (а) та його кріплення на вертикально-свердильному верстаті (б)

Квадратні отвори виходять з майже непомітними невеликими закругленнями в кутах. Їх свердлять, розсвердлюють і засвердлюють в чорному і кольоровому металі товщиною не більше 16 мм, в дереві, фанері та інших матеріалах, включаючи речовини композитного походження. Операція виконується за допомогою дреля (рис. 5.4.2), перфоратора, на токарних або протяжних верстатах. Застосовують у промисловості, сільському господарстві та побуті при виготовленні продукції, ремонті й виконанні виробів власними руками.

Прийом пристосування складається з двох частин: свердла по дереву і просікача квадратної форми — зовнішньої оболонки свердла. У просікачі є отвір для стружки (рис. 5.11), свердло прибирає зайву деревину, а сорочка-просікач видавлює зайве за формою квадрата. Краї у сорочки загострені, зрізана дерев'яна стружка скеровується всередину і забирається свердлом назовні через отвір. Для роботи на вертикально-свердильному верстаті потрібно мати пристосування — прес-тримач, який тримає сорочку-просікач, одночасно забезпечуючи обертання патрона і свердла (рис. 5.4.4).

Кріплення одночасно тримає просікач, а всередині обертається патрон зі свердлом. Поступово з опусканням головки продавлюється квадратний отвір.

Виготовляють свердло для квадратних отворів зі сталі У8 і гартують до твердості HRC 52–56. В особливо важких умовах експлуатації використовують вироби з легованої сталі Х12 з твердістю HRC 56–60.

5.5. Новітня система для закріплення свердлильного металорізального інструмента

Не тільки марка різального матеріалу і геометрія впливають на продуктивність і термін служби інструмента. Істотним фактором також є жорстке і надійне його закріплення. Для забезпечення стабільності обробки і якості отвору використовуються **система Coromant Capto** (рис. 5.5.1).

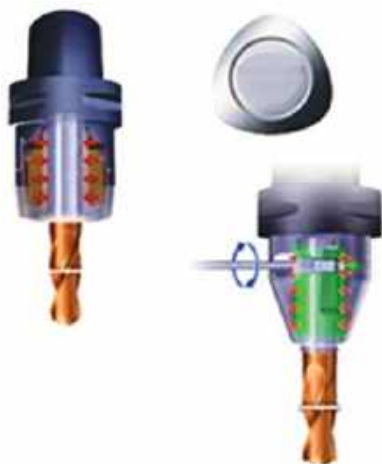


Рис. 5.5.1. Новітня система для закріплення свердлильного металорізального інструмента Coromant Capto

При установці в систему також можна використовувати найкоротше свердло. Це єдина модульна інструментальна система, ефективна для всіх металорізальних операцій, включаючи всі методи виконання отворів. Одні й ті самі інструменти та перехідники можна використовувати для різних застосувань і верстатів, що дає змогу стандартизувати одну систему інструмента для всього механічного цеху.

➤ **Модульна швидкозмінна інструментальна оснастка Coromant Capto реалізує три системи в одній:**

- швидкозмінні тримачі знижують час налагодження і зміни інструмента, забезпечуючи значне зростання коефіцієнта використання верстата;
- з'єднання Coromant Capto, безпосередньо інтегроване в шпиндель, збільшує стабільність і універсальність, наприклад, на багатоцільових верстатах, обробних центрах з можливістю розточування, а та-

кож на токарно-карусельних верстатах.

- Coromant Capto є модульною системою та пропонує велику різноманітність продовжувачів і перехідників на менший розмір з'єднання, які дають змогу здійснювати установку інструментів різної довжини і конструкції незалежно від використовуваного інтерфейсу верстата. Модульна система знижує потребу в дорогих спеціальних інструментах з тривалими термінами поставки

Таким чином, одні й ті ж інструменти можуть використовуватися у всіх цехах, забезпечуючи унікальну гнучкість, оптимальну жорсткість і мінімальну номенклатуру необхідного інструмента.

➤ **Переваги системи Coromant Capto:**

- гнучкість за рахунок широкої модульності;
- висока стабільність і точність;
- мінімальна номенклатура інструмента;
- скорочений час наладки.

➤ **Особливості системи Coromant Capto:**

- передача великого крутного моменту;
- висока міцність на вигин;
- швидка і автоматизована зміна інструмента;
- нова технологія подачі МОР через фіксовані сопла для забезпечення надійності процесу обробки навіть при низьких тисках МОР;

- внутрішня подача МОР під високим тиском, від верстата до різальної кромки;
- збалансованість і співвісність;
- самоцентрування.

Модульні системи застосовують для створення налагоджень зі швидкозмінним з'єднанням, що значно скорочує час, який витрачається на настройку інструмента, а також забезпечує технологічну гнучкість інструментального оснащення.

5.6. Свердла Walter Xtra: точність, продуктивність, ефективність



Рис. 5.6.1. Свердла Walter Xtra

Свердла Walter Xtra — це свердла зі змінними пластинами, які мають чотири різальні кромки, діапазон свердління діаметрів 13,5–59 мм і глибину свердління $2 \times D$, $3 \times D$, $4 \times D$ і $5 \times D$.

Свердла Walter Xtra — високопродуктивні свердла для свердління сталі, нержавіючої сталі, кольорових металів, чавуну і спеціальних сплавів при середніх вимогах до якості поверхні й дотримання допусків.

Свердла мають ідеальне розташування пластин, які забезпечують баланс сил різання під час обробки, та оптимізовані стружкові канавки для безперешкодного відведення стружки, а також міцний корпус. Нікельоване покриття корпусу забезпечує захист від корозії і зносу. Простий монтаж, надійне закріплення пластин за допомогою гвинта спрощують використання.

Свердла Walter Xtra застосовують для обробки сталі і чавуну, нержавіючих сталей і жароміцних матеріалів; використовують для засвердлювання в похилі та криволінійні поверхні, свердління пересічних і неповних отворів. Ідеально підходять для використання в загальному машинобудуванні, автомобілебудуванні та аерокосмічній промисловості.

➤ Переваги свердел Walter Xtra:

- збільшення продуктивності завдяки високим режимам різання;
- отримання отворів високої точності завдяки оптимальному балансу сил різання;
- скорочення витрат завдяки чотирьом різальним кромкам, збільшення режимів різання, економія на додаткових операціях;
- чудова якість обробки поверхонь завдяки периферійним пластинам з зачисними кромками Wiper;
- висока експлуатаційна надійність завдяки кріпленню пластин.

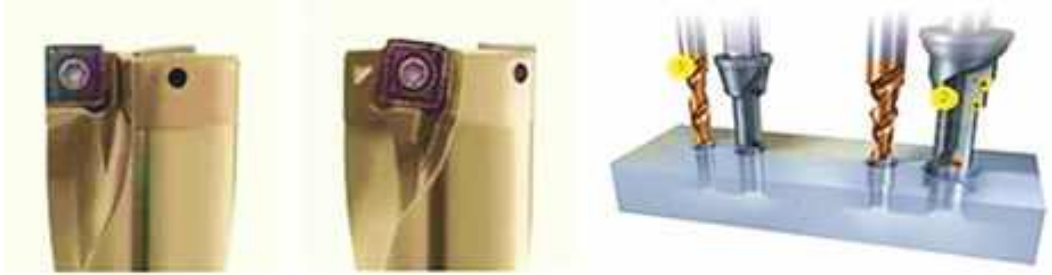


Рис. 5.6.2. Зачисна кромка Wiper: периферійна та центральна

Периферійна пластина — це спечена пластина з радіусами при вершині, шліфованими по периметру виконання; зачисна кромка Wiper забезпечує хорошу якість поверхні отвору (рис. 5.6.2).

Центральна пластина виготовляється з інструментального матеріалу для максимальної стійкості та високої експлуатаційної надійності при свердлінні сталі і чавуну, для більшої стійкості при обробці матеріалів.

Використання центральних і периферійних пластин прямокутної форми забезпечує плавний початок різання і коротку стружку, а також дозволяє

використовувати підвищені подачі, на відміну від невеликих симетричних трикутних або квадратних пластин.

Важливими перевагами свердл зі змінними пластинами є стабільна геометрія вершини свердла, постійна довжина інструмента, також простота підбору інструментального матеріалу пластини відповідно до оброблюваного матеріалу.

Великою перевагою використання свердел Walter Xtra є можливість свердління при засвердлюванні по косій, опуклій або увігнутій поверхнях. При використанні свердел Walter Xtra продуктивність зростає в 2–2,5 рази в порівнянні зі стандартними свердлами з швидкорізальної сталі.

5.7. Електроерозійна обробка

Суть методу **електроерозійної обробки (різання)** полягає в корисному використанні електричного пробоя при обробці поверхні (рис. 5.7.1).

При зближенні електродів, що перебувають під струмом, відбувається розряд, руйнівний вплив якого проявляється на аноді, яким є оброблюваний матеріал.

Під **електричною ерозією** розуміють руйнування поверхні електродів, що супроводжується зніманням металу при проходженні між електродами електричних розрядів.

Розрізняють **електрод-інструмент** і **електрод-заготовку**. Для здійснення процесу між електродами завжди повинен бути зазор, який визначається як *міжелектродний проміжок*. Знімання металу при електроерозійній обробці здійснюється робочими імпульсами струму.

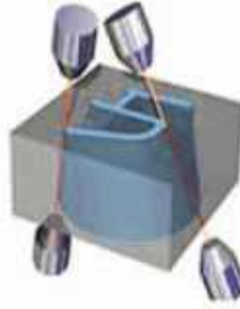


Рис. 5.7.1. Метод електроерозійної обробки

Робочий імпульс — це імпульсний розряд, що здійснює знімання металу внаслідок електричної ерозії і характеризується проходженням імпульсу електричного струму через міжелектродний зазор під напругою, яка змінюється під час імпульсу (рис. 5.7.2).



Рис. 5.7.2. Імпульсний розряд

Обробку матеріалу можна здійснювати в газовому середовищі або рідині. Основні процеси, які відбуваються при електроерозійній обробці, — це **електричні, теплові, газодинамічні, термомеханічні**.

Електроерозійні технології набули широкого поширення. Насамперед це пов'язано з новими конструкторськими рішеннями ряду виробів складної форми, малих і великих розмірів, деталей з надміцних матеріалів, що володіють високою твердістю, великою в'язкістю, поганою оброблюваністю різанням.

У ряді процесів механічної обробки досягають технологічних параметрів, близьких до гранично можливих. Подальше підвищення продуктивності при отриманні необхідних якісних характеристик оброблених деталей шляхом вдосконалення механічної обробки вже не можливе.

Одна з альтернатив механічній обробці — **електроерозійна обробка**.



ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця 1. Діаметри свердл для отримання різбових отворів

Номінальний діаметр різьби, мм	Діаметр свердл і отворів														
	Крок різьби, мм	Діаметр отвору під різьбу, мм		Діаметр свердла	Крок різьби	Діаметр отвору під різьбу, мм		Діаметр свердла	Крок різьби	Діаметр отвору під різьбу, мм		Діаметр свердла	Крок різьби	Діаметр отвору під різьбу, мм	
		номінальний	допустимі відхилення			номінальний	допустимі відхилення			номінальний	допустимі відхилення			номінальний	допустимі відхилення
2	0,40	1,60	-	1,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,5	0,45	2,05	-	2,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0,50	2,50	+0,14	2,50	0,35	2,65	+0,07	2,65	-	-	-	-	-	-	-
4	0,7	3,30	+0,18	3,30	0,5	3,50	+0,14	3,50	-	-	-	-	-	-	-
5	0,8	4,20		4,20		4,50		4,50	-	-	-	-	-	-	-
6	1,0	4,95	+0,26	5,00	0,75	5,20	+0,22	5,25	0,5	5,50	+0,14	5,50	-	-	-
8	1,25	6,70		6,80		6,95		7,00		7,20		7,25	0,5	7,50	7,50
10	1,5	8,43	+0,30	8,50	1	8,95	+0,26	9,00	0,75	9,20	+0,22	9,25		9,50	9,50
12	1,75	10,20	+0,36	10,20	1,25	10,70		10,80		10,95		11,00		11,20	11,25
14		11,90	+0,40	12,00		12,43		12,50		12,95		13,00		13,20	13,25
16	2,0	13,90		14,00		14,43		14,50		14,95		15,00	0,75	15,20	15,25
18		15,35		15,50	1,5	16,43	+0,30	16,50	1,0	16,95	+0,26	17,00		17,20	17,25
20	2,5	17,35	+0,53	17,50		18,43		18,50		18,95		19,00		19,20	19,25
22		19,35		19,50		20,43		20,50		20,95		21,00		21,20	21,25
24	3,0	20,85	+0,53	21,00		21,90		22,00		22,43		22,50		22,95	23,00
27		23,85		24,00	2,0	24,90	+0,40	25,00	1,5	25,43	+0,30	25,50	1,0	25,95	26,00
30		26,30		26,50		27,90		28,00		28,43		28,50		28,95	29,00
33	3,5	29,30	+0,62	29,50		30,90		31,00		31,43		31,50		31,95	32,00
36	4,0	32,80	+0,62	32,00		32,85		33,00		33,90		34,00		34,43	34,50
39		34,80		35,00		35,85		36,00		36,90		37,00		37,43	37,50
42	4,5	37,25	+0,73	37,50	3,0	38,85	+0,53	39,00	2,0	39,90	+0,40	40,00	1,5	40,43	40,50
45		40,25		40,50		41,85		42,00		42,90		43,00		43,43	43,50
48	5,0	42,70		43,00		44,85		45,00		45,90		46,00		46,43	46,50
52		46,70		47,00		48,85		49,00		49,90		50,00		50,43	50,50
56	5,5	50,20	+0,80	-		51,80				52,85				53,90	
60		54,20		-		55,80				58,85				57,90	
64	6,0	57,70		-	4,0	59,80	+0,62		3,0	60,85	+0,53		2,0	61,90	+0,40
68		58,70		-		63,80				64,85				65,90	
72	-	-	-	-		67,80				68,85				69,90	
72	-	-	-	-		65,70			-	-	-		-	-	-
76	-	-	-	-		69,70				72,85				73,90	
80	-	-	-	-		73,70				76,85				77,90	
85	-	-	-	-	6,0	78,70	+0,80		3,0	81,85	+0,53			82,80	+0,40
90	-	-	-	-		83,70				88,85				87,90	
95	-	-	-	-		88,70				91,85				92,90	
100	-	-	-	-		93,70				96,85				97,90	

Додаток 2

Таблиця 2. Діаметри стержня для нарізування зовнішньої різьби

Різьба метрична				Різьба дюймова			Різьба трубна		
Діаметр різьби, мм	Крок, мм	Діаметр стержня, мм		Діаметр різьби, дюйми	Діаметр стержня, мм		Діаметр різьби, дюйми	Діаметр стержня, мм	
		найменший	найбільший		найменший	найбільший		найменший	найбільший
6	1,00	5,80	5,92	$\frac{1}{4}$	5,9	6,0	$\frac{1}{8}$	9,4	9,5
8	1,25	7,80	7,90	$\frac{5}{16}$	7,5	7,6	$\frac{1}{4}$	12,7	13,0
10	1,50	9,75	9,85	$\frac{3}{8}$	9,1	9,2	$\frac{3}{8}$	16,2	16,5
12	1,75	11,76	11,88	-	-	-	$\frac{1}{2}$	20,5	20,7
14	2,00	13,70	13,82	-	-	-	-	-	-
16	2,00	15,70	15,82	$\frac{1}{2}$	12,1	12,2	$\frac{5}{8}$	22,4	22,7
18	2,00	17,70	17,82	-	-	-	-	-	-
20	2,50	19,72	19,88	$\frac{5}{8}$	15,3	15,4	$\frac{3}{4}$	25,9	26,2
22	2,50	21,72	21,86	-	-	-	-	-	-
24	3,00	23,65	23,79	$\frac{3}{4}$	18,4	18,5	$\frac{7}{8}$	29,9	30,0
27	3,00	26,65	26,79	-	-	-	-	-	-
30	3,50	29,60	29,74	$\frac{7}{8}$	21,5	21,6	1	32,7	33,0
-	-	-	-	1	24,6	24,8	$1\frac{1}{8}$	37,0	37,3
-	-	-	-	-	-	-	$1\frac{1}{4}$	41,4	41,7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	$1\frac{1}{4}$	30,8	-	-	-	-

Додаток 3

ВИДИ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ ПАСІВ І ШКІВІВ ДЛЯ ПАСОВОЇ ПЕРЕДАЧІ

Паси



Клиноподібні паси — це паси трапецієподібного перерізу з бічними робочими поверхнями, що працюють на шківах з канавками відповідного профілю. Глибина канавок шківів повинна бути такою, щоб між внутрішньою поверхнею пасу та дном жолобків шківа залишався відступ. Паси завдяки клиновій дії вирізняються підвищеними силами зчеплення зі шківами, отже, підвищеною тяговою здатністю. Клинові паси застосовують по кілька штук, що дозволяє варіювати навантажувальну здатність.

КЛИНОВИЙ ПАС КЛАСИЧНИЙ

Привід визначає потужність! Це правило діє незалежно від галузі застосування: автомобілі, верстати чи електроприлади.

Класичні клинові паси — це типові приводні паси, які також застосовують у потужних приводах сільськогосподарської техніки та особливих приводах машинобудування (наприклад, у плоско-клинових приводах).

КЛИНОВИЙ ПАС ВУЗЬКОПРОФІЛЬНИЙ



Вузькоклинові паси — це вдосконалена версія клинових пасів, передавальна потужність яких значно вища, ніж у класичних клинових пасів з аналогічною верхньою шириною (наприклад, профіль SPB у порівнянні з профілем B/17).

КЛИНОВИЙ ПАС ВУЗЬКОПРОФІЛЬНИЙ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ (НЕ ВИМАГАЄ ОБСЛУГОВУВАННЯ)



Паси клинові вузькопрофільні для передачі великої потужності зберігають свій натяг під час усього терміну служби і не вимагають підтягування. Експлуатація пасу дозволяє досягти значної економії в техобслуговуванні, споживанні електроенергії порівняно з первісною вартістю ременів, а також дає змогу поліпшити продуктивність виробництва.

КЛИНОВИЙ ПАС БЕЗКІНЕЧНИЙ З ПОКРИТТЯМ



З транспортною метою застосовують клинові паси з додатковим спеціальним покриттям. Ці паси використовують для транспортування контейнерів, важких вантажів, наприклад, при завантаженні літаків і суден. Зносостійка поверхня покриття забезпечує

високий ступінь зчеплення робочої поверхні, наприклад, при транспортуванні керамічної плитки, деревини, а також для конвеєрів з гофрованою стрічкою. Неармовані й армовані варіанти пасів згідно з профілями — 13/A, 17/B, 22/C.

Покриття з поліуретану використовують для великих навантажень — транспортування високоабразивних матеріалів. Покриття з ПВХ для високого зчеплення — транспортування неабразивних матеріалів.

Профілі покриттів: Supergrip, Linatex, HV 2–Laminate, PKR 0 (гладка поверхня), PKR1 (зубчаста поверхня), PKR2 (коміркова поверхня) и PKR3 (зубчаста поверхня під кутом 45).

КЛИНОВИЙ ПАС ВУЗЬКОПРОФІЛЬНИЙ З ВІДКРИТИМИ БОКОВИМИ ГРАНЯМИ ТА ФАСОННИМ ЗУБОМ



Паси клинові вузькопрофільні з відкритими боковими гранями і фасонним зубом завдяки хорошій гнучкості застосовують у приводах з особливо малими діаметрами шківів. Високоякісні гумові суміші в поєднанні з малорозтяжним кордом забезпечують високу передачу потужності та підвищення терміну служби.

КЛИНОВИЙ ПАС ДВОСТОРОННІЙ



Паси клинові двосторонні застосовують у приводах з декількома шківками, розташованими в одній площині, коли напрямок обертання одного або декількох ведених шківів повинен змінюватися. Це ідеальне рішення для «серпантинних приводів», де передача потужності здійснюється як від верхньої, так і від нижньої поверхні пасу. Для використання двосторонніх клинових пасів спеціальні шківки не потрібні; такі паси працюють на стандартних шківках відповідних профілів.

БАГАТОСТРУМЕНЕВИЙ ПАС



Багатоструменеві паси складаються з високоякісних одичних обгорнутих клинових пасів, які пов'язані між собою з'єднувальним шаром. Залежно від області застосування багатоструменеві паси можуть складатися від двох до п'яти класичних клинових або вузькоклинових пасів (струменів). Використовуючи більше ніж один багатоструменевий пас в одному приводі, необхідно їх застосовувати в комплектах. У виняткових випадках поставляються багатоструменеві паси, що складаються з більше ніж 5 клинових пасів (струменів).

Профілі: 3V/9J; 5V/15J; 8V/25J; SPZ; SPA; SPB; SPC; A/HA; B/HB; C/HC; D/HD.

Розміри: від 1200 до 12000 мм стандартний асортимент, інші розміри за запитом.

Сфери застосування: сільськогосподарська техніка, паперова промисловість, будівельне обладнання, підйомально-транспортні машини, дробильна техніка.

БАГАТОСТРУМЕНЕВИЙ ПАС ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ (НЕ ВИМАГАЄ ОБСЛУГОВУВАННЯ)



Складається з обгорнутих клинових пасів, з'єднаних зносостійким шаром. Такі привідні паси переважно застосовують при екстремальних ударних навантаженнях, великих міжвісних відстанях, у приводах вертикальних валів і зчеплення. Зносостійке зовнішнє обплетення, високоякісна гумова суміш і спеціальний міцний, стійкий до розтягування корд з поліестеру, забезпечують високе динамічне навантаження і відсутність необхідності техобслуговування.

Профілі: 3V/9J; 5V/15J; 8V/25J; SPZ; SPA; SPB; SPC; A/HA; B/HB; C/HC; D/HD.

Розміри: від 1200 до 12000 мм — стандартний асортимент, інші розміри — за запитом.

Сфери застосування: сільськогосподарська техніка, машинобудування, будівельна техніка, верстати для обробки пластмас, деревообробні машини.

БАГАТОСТРУМЕНЕВИЙ ПАС З ВІДКРИТИМИ БОКОВИМИ ГРЯНЯМИ ТА ФАСОННИМ ЗУБОМ



Паси багатоструменеві з відкритими боковими грЯнями та фасонним зубом складаються з високоякісних одиночних обгорнутих клинових пасів з відкритими боковими грЯнями і фасонним зубом, пов'язаних між собою з'єднувальним шаром. Залежно від галузі застосування багатоструменеві паси можуть складатися з двох–п'яти пасів (струменів).

Паси багатоструменеві з відкритими боковими грЯнями та фасонним зубом застосовують насамперед у приводах, що працюють ривками, і в приводах з великою міжвісною відстанню. Основна перевага цих пасів у тому, що вони можуть працювати зі шківками ще менших діаметрів, з вищим числом обертів і передавальним відношенням.

Профілі: 3VX/9JX; 5VX/15JX; XPZ; XPA; XPB; AX/HAX; BX/HBX.

Розміри: від 1250 до 3550 мм — стандартний асортимент, інші розміри — за запитом.

Сфери застосування: автомобілебудування, машинобудування, будівельне обладнання.

ВАРІАТОРНИЙ ПАС



Паси варіаторні використовують для безступеневого постійного регулювання обертів приводу. Спеціальна будова пасу забезпечує стійкість до високих динамічних навантажень, гнучкість ходу руху, плавність ходу і чудові показники з регулювання приводу.

Нижня основа пасу складається з поліхлоропренової гумової суміші з волокнами, розташованими поперечно відносно напрямку руху пасу. Малорозтяжний корд з поліестеру або арамиду оточує гумова суміш. Корд надійно підтримує зовнішній шар і нижня основа пасу.

Варіаторні паси виготовляють з фасонним зубом — головним секретом підвищеної стійкості, яку ремінь демонструє відносно нагрівання, а також роботи на шківках найменшого діаметра.

Профілі: ширина пасу — до 100 мм, висота — від 5 до 30 мм.

Розміри: довжина від 500 мм до 5000 мм.

Сфери застосування: друкарські машини, текстильне обладнання, машинобудування, редукторобудування, сільськогосподарська техніка.

ДВОСТОРОННІЙ ВАРІАТОРНИЙ ПАС



Паси варіаторні двосторонні мають фасонні зуби з двох сторін, при цьому глибина зуба і його крок відповідають профілю паса. Двостороннє розташування фасонних зубів сприяє максимальній тепловіддачі і мінімальному нагріванню самого паса. Серед переваг цього типу пасів необхідно назвати: екстремально

високе поглинання осьової сили, висока гнучкість і еластичність, висока плавність ходу при великій швидкості обертання.

Профілі: ширина паса — від 20 мм до 85 мм, висота — від 10 мм до 30 мм.

Розміри: довжина — від 600 мм до 3500 мм.

Сфери застосування: приводи снігоходів, токарних верстатів, приводи молотарок сільськогосподарських машин.

ЗУБЧАСТИЙ ПАС З ХЛОРОПРЕНУ



Серед конструктивних рішень, які використовують для приведення в рух будь-яких частин механізму в пристроях різного призначення, одним з варіантів виступають зубчасті паси. Найбільш часто з промисловою і побутовою метою використовують односторонні зубчасті паси, що являють собою багат шарову вулканізовану стрічку, де зовнішня сторона — плоска, а внутрішня виконана з

виступами (зубами), розташованими один від одного на рівній відстані. Останнім часом широкого поширення набули двосторонні зубчасті паси (зуби є як на внутрішній, так і на зовнішній стороні паса).

Двосторонні зубчасті паси застосовують у приводах протилежного реверсивного ходу при передачі великих потужностей і високих швидкостей обертання, а також потужних моментів обертання. Такі паси виготовляють з еластомеру, посиленого арамідним кордом, що дає змогу змінювати напрям обертання при високому числі обертів і значному моменті обертання. Також двосторонні паси можуть бути в компактному виконанні для приводів малих і середніх потужностей, таким чином забезпечуючи зменшення габаритів і маси приводу, але не зменшуючи при цьому ефективність механізму.

Зубчасті паси з хлоропрену — це конструкція з високоміцного хлоропрену, гнучкого корду зі скловолокна і зносостійкої захисної тканини на зубчастій стороні. Паси мають відносну стійкість до високих і низьких температур, а також оливи.

Стандартний температурний режим для зубчатих пасів: -30°C – $+100^{\circ}\text{C}$.

Профілі: 2М, 3М, S3М, 5М, S5М, 8М, S8М, 14М, S14М, 20М, MXL, L, H, XH, XXH.

Профілі для двосторонніх пасів: D-5М, D-8М, D-S8М, D-14М, D-XL, D-L, D-H.

Розміри: довжина від 90 мм до 4578 мм

Сфери застосування: текстильні машини, друкарські верстати, оргтехніка, електричні інструменти.

ЗУБЧАСТИЙ ПАС З ХЛОРОПРЕНУ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ



Паси зубчасті з хлоропрену для передачі великої потужності були спеціально розроблені для приводів великої потужності при високих обертах, що не потребують обслуговування. Вони відрізняються високим рівнем передачі потужності і високим терміном служби. Застосування поліпшених матеріалів, таких як, гумова суміш з додаванням волокон з арамідів і зносостійка тканина з екстремально низьким коефіцієнтом тертя дозволяють знизити габарити приводу і заощадити витрати.

Зубчасті паси з хлоропрену для передачі великої потужності не вимагають застосування спеціальних шківів. Паси працюють на стандартних шківів, що застосовуються для таких же зубчастих пасів.

Сфери застосування: деревообробні верстати, поліграфія, компресори.

ЗУБЧАСТИЙ ПАС З ПОЛІУРЕТАНУ



Паси зубчасті з поліуретану мають високу зносостійкість завдяки нерозтяжному та особливо гнучкому сталевому корду, оливостійкістю і відносною стійкістю до дії кислот і лугів. Подвійні зубчасті поліуретанові паси дозволяють комплектувати приводи з декількома шківів для синхронної передачі обертання в різних напрямках.

Зубчасті поліуретанові паси виготовляються спеціальним способом, при якому дотримується збереження мінімальних допусків. Висока зносостійкість, оливостійкість і відносна стійкість до впливу хімікатів — це стандартні властивості зубчастих пасів.

Для лінійних приводів застосовуються, в основному, зубчасті паси в рулонах (в погонних метрах). Корд зі сталі і арамідів є надзвичайно малорозтяжним. Можливості виготовлення в різній ширині і відрізання будь-якої довжини сприяє їх широкому застосуванню. Термопластичний поліуретан ідеально підходить для нанесення різних покриттів. Також можливе наварювання захватів.

Профілі: T2.5, T5, AT5, T10, AT10, T20, MXL, XL, L, H, XH, 5M, 8M, 14M, 20M.

Профілі для двосторонніх пасів: DT5, DAT5, DT10, DAT10, D5M, D8M.

Сфери застосування: важке машинобудування, друкарські машини, медична техніка, паперова промисловість, пакувальні машини.

КРУГЛИЙ ПАС З ПОЛІУРЕТАНУ (ПАС КРУГЛОГО ПЕРЕТИНУ)



Круглі паси використовують у передачах малої потужності при середніх швидкостях, а також у передачах складного контуру верстатів, приладах, побутовій техніці замість пасів зі шкіри, полівінілхлориду та гуми. Нерідко паси круглого перетину оснащуються кордом, а в деяких випадках мають отвір, призначений для з'єднання з використанням металевих ніпелів.

Сфери застосування: 1) на підприємствах, що виробляють алкогольні та безалкогольні напої, а також кондитерських фабриках і приймальних пунктах — для транспортування тари зі скла та пластика; 2) у торговельних підприємствах, компаніях, що надають пакувальні послуги.

ги — для переміщення у картонній тарі; 3) будівельній галузі — для транспортування будматеріалів, які мають невеликі габаритні розміри (листів гіпсокартону, плитки, черепиці та інших); 4) підприємства деревообробної, целюлозно-паперової, скляної, харчової та багатьох інших галузей промисловості.

КЛИНОВИЙ ПАС З ПОЛІУРЕТАНУ



Поліуретанові паси підходять для шківів дуже маленького діаметра та дуже компактної конструкції з високим числом обертів.

Поліуретанові паси застосовуються у різних галузях промисловості:

- деревообробна;
- керамічна;
- скляна;
- пакувальна;
- целюлозно-паперова;
- на лініях з розливу рідин;
- у друкарнях;
- у виробництві покрівлі.

ПОЛІКЛИНОВИЙ ПАС



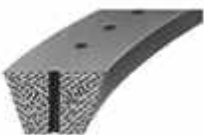
Поліклинові паси поєднують гнучкість плоских пасів і високий рівень потужності клинових пасів. Клиновидні струмені розташовані паралельно і складаються зі зносостійкої гумової суміші.

Високоякісний корд відповідає широкому спектру застосування поліклинових пасів. Корд розташований на всій ширині поліклинового пасу і покритий спеціальною гумовою сумішшю. Зносостійка суміш, насичена волокнами, забезпечує спокійний хід, відносно стійкість до олив і високих температур, а також тривалий термін служби.

Еластичні поліклинові паси Optibelt EPH і ПЗВ мають високу зносостійкість і сприяють плавному ходу пасу (амортизації).

Сфери застосування: використовують у приводах з зовнішнім роликом; у випадках, коли кілька шківів розташовані в одній площині, та спрямування їх обертання повинно змінюватися (серпантинний привід).

ПЕРФОРОВАНИЙ СКІНЧЕННИЙ КЛИНОВИЙ ПАС



Паси клинові перфоровані скінченні — це скінченні паси в рулонах. Потрібної довжини в нескінченному вигляді досягають за допомогою гнучких з'єднувачів. Такі клинові паси надходять за бажанням клієнтів будь-якої довжини залежно від міжвісної відстані. Немає потреби складування різних довжин, оскільки достатньо складування рулону одного профілю, з якого відрізають необхідну довжина.

Кінцеві клинові перфоровані паси сприяють швидкому монтажу — особливо в закритих, важкодоступних приводах.

Сфери застосування: конвеєри для транспортування дерев'яних і пластмасових плит, вентиляційна техніка і техніка для кондиціонерів, роликові транспортери.

ЛАНКОВИЙ КЛИНОВИЙ ПАС



Паси клинові ланкові — це високоякісні композитні клинові паси. Мають унікальну конструкцію з поліуретанових ланок, зміцнених декількома шарами поліефірного волокна. Їх легка і швидко замінити. Кілька секунд потрібно, щоб вручну зробити ремінь нескінченним чи будь-якої довжини, зокрема збільшити довжину

паса, витягти стерті компоненти не демонтуючи інших компонентів приводу.

Переваги: більш тривалий термін експлуатації у жорстких умовах, висока стійкість до стирання та ударних навантажень; стійкість до впливу води, газу, оливи, мастила і багатьох розчинників роблять ці паси незамінними у скляній, деревообробній промисловості, а також для транспортування керамічної плитки.

СПЕЦІАЛЬНИЙ ЗУБЧАСТИЙ ПАС З ЗАХВАТОМ ТА ЗОВНІШНІМ ПОКРИТТЯМ



Паси спеціальні зубчасті з захватом та зовнішнім покриттям можуть бути скінченні або нескінченні. Зовнішнє покриття здійснюють методом додаткової обробки. Підібрати необхідне покриття можна завдяки їх властивостям і матеріалам. Спеціальні зубчасті паси з захватом виготовляють згідно з поставленими вимогами.

Важливо, щоб позиція бажаного захвату відповідала кроку зубчастого паса. Вибір захвату та визначення конструкції паса з захватом відбувається індивідуально відповідно до креслення.

ПЛОСКИЙ ПАС



Паси плоскі призначені для плоскопасової передачі, транспортерів рядкових жаток, а також для водопідіймачів, елеваторів як тяговий елемент. Плоскі приводні паси здійснюють передачу енергії при контакті плоскої нижньої основи паса з циліндричними або бочкоподібними шківів. Можуть працювати при збільше-

них швидкостях і зменшених діаметрах шківів порівняно з клиновими пасами, однак передають меншу потужність та чутливі до розтягнення.

Шків

Шків — фрикційне колесо з ободом, зубами по околу, яке передає момент обертання від двигуна до вузла чи агрегата завдякові пасові.

КЛИНОВИЙ ШКІВ



Клинові шківів передають момент обертання за допомогою клиновидних пасів. Бувають двох основних типів: під втулку та під розточування. Втулка — деталь машини, механізму, приладу циліндричної або конічної форми, що має осьовий отвір, в який входить інша деталь. У клинових шківів як систему кріплення на вал використовують втулку (Taper bush).

Перевагами шківів під втулку є:

- зміна посадкового діаметра шківів;
- можливість швидкої зміни посадкового діаметра шківів на вал за допомогою заміни втулки;
- можливість відновлення працездатності шківів, втраченої внаслідок його пошкодження в місці посадки на вал, що схильний до підвищеного механічного зносу, шляхом заміни втулки.

Клинові шківів під розточування мають невеликий отвір в центрі шківів, який розточується кінцевим споживачем до необхідного йому посадкового діаметра на вал. Для розточування отвору необхідно спеціалізоване обладнання.

ЗУБЧАСТИЙ ШКІВ

Зубчасті шківів передають момент обертання через зубчасті паси. Цей тип шківів характеризується наявністю на поверхні обода поперечних зубів, які служать для забезпечення чіпкого зчеплення з пасом зубчастого типу, якому передається рух від обертового шківів.

Як і клинові шківів, бувають під втулку і під розточування.

Матеріал: алюміній, сталь, чавун.

ПОЛІКЛИНОВИЙ ШКІВ

Поліклинові шківів — це результат послідовних робіт з подальшого розвитку елементів приводу. Цей привід поєднує в собі незвичайну еластичність з хорошою передачею потужності.

ШКІВИ ДЛЯ ПЛОСКИХ ПАСІВ

Шківів для плоских пасів застосовують для передачі моменту обертання між валами механізмів і машин за допомогою гнучкого зв'язку плоского пасу.

Вали можуть бути з паралельними, пересічними або перехресними осями. У механічних приводах плоско-пасові передачі зазвичай використовують для зниження частоти обертання.

ШКІВИ ПІД КРУГЛІ ПАСИ

Шківів під круглі паси використовують для передачі малої потужності і транспортування легких вантажів.

Перевага кругло-пасової передачі полягає у підвищеній гнучкості й еластичності.



Додаток 4

ПРИКЛАДИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ ДЛЯ СЛЮСАРНИХ РОБІТ

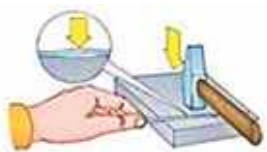
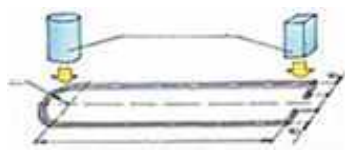
ПРИКЛАД ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТКИ «ВИГОТОВЛЕННЯ СОВКА ГОСПОДАРСЬКОГО»

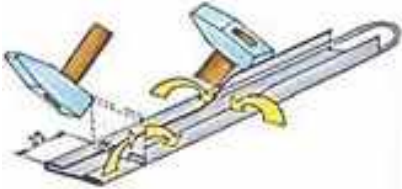
ВИГОТОВЛЕННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО СОВКА				
Перелік деталей виробу				
№ деталі	Назва деталі	Кількість	Матеріал виготовлення	Розміри, мм
1	Корпус совка	1	Тонколистовий метал	0,75×180×240
2	Дротяна вставка	1	Сталевий дріт	Ø3×590
3	Основна ручки	1	Тонколистовий метал	0,75×40×300
4	Заклепка	2	Алюміній	0,5×8

0

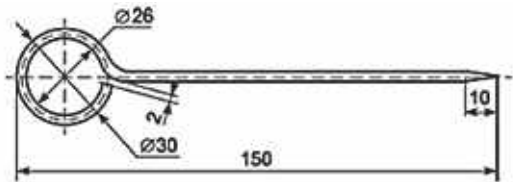
ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА

Послідовність виконання роботи	Зображення процесу	Інструменти та пристрої
Деталь 1		
1. Отримати від учителя заготовку 0,75×180×240 і виправити її		Киянка, правильна плита
2. Розмітити заготовку за контуром та лініями згину		Слюсарна лінійка, кутник, рисувалка або маркер, слюсарний циркуль
3. Вирізати розгортку деталі		Слюсарні ножиці

Послідовність виконання роботи	Зображення процесу	Інструменти та пристрої
4. Виправити розгортку та зняти задирки й гострі краї		Киянка, правильна плита, плоскогубці, напилек, лещата
5. Зігнути розгортку за розміченими лініями згину (послідовність згинання вказана на елементах, що підлягають згинанню)		Молоток, лещата, оправка
Деталь 2		
6. Отримати від учителя заготовку (Ø3х590) та виправити її		Молоток, киянка, правильна плита або ковадло
7. Зігнути заготовку за креслеником		Молоток, лещата, оправки
Деталь 3		
8. Отримати від учителя заготовку 0,75х40х300 і виправити її		Киянка, правильна плита
9. Розмітити заготовку за контуром та лініями згину		Слюсарна лінійка, кутник, рисувалка або маркер
10. Вирізати розгортку деталі 3		Слюсарні ножиці
11. Відігнути фальці з обох сторін деталі за лініями згину		Молоток, киянка, оправка, слюсарні лещата

Послідовність виконання роботи	Зображення процесу	Інструменти та пристрої
З'єднання деталей 2 і 3		
12. З'єднання основи ручки та дрітної вставки шляхом укладання фальців на вставлену всередину дрітну вставку. При цьому нижня частина основи ручки повинна на 35 мм виступати за прямокутний кінець дрітної вставки, що дозволить загнути його на 180°		Молоток, киянка, правильна плита
Складання виробу		
13. Пробивання отворів у ручці й корпусі совка та виконання заклепкового з'єднання		Пробійник Ø 5 мм, молоток, лещата, підкладний брусок, підтримка, натяжка, обжимка

ПРИКЛАД ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТКИ «ВИГОТОВЛЕННЯ РИСУВАЛКИ»



Назва виробу: рисувалка
Заготовка: стальний дріт
Ø 2–3 мм

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА

№ з/п	Послідовність операцій	Поопераційні ескізи	Інструмент	Обладнання, пристосування
1	Вибрати заготовку		Лінійка	
2	Розмітити заготовку відповідно до заданих розмірів. Розрізати заготовку на необхідну довжину з припуском. Обпиляти торці		Лінійка, напил-лок з дрібною насічкою	Розмічальна плита, лещата
3	Зігнути вушко		Молоток	Оправка, лещата
4	Сформувати (вигнути) кільце		Молоток	Оправка, лещата
5	Обпиляти вістря відповідно до заданих розмірів		Напил-лок з дрібною насічкою	Лещата
6	Зачистити вістря та поверхню		Наждачний круг, шліфу-вальна шкурка	Лещата
7	Перевірити якість виконаної роботи			



ПРИКЛАД ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТКИ «ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМИ ДЛЯ ПЕЧИВА»

№ з/п	Послідовність операцій	Поопераційні ескізи	Інструменти, пристосування
1	Вибрати заготовку з білої жерсті та вирівняти її		Лінійка, киянка, правильна плита
2	Розмітити смужку шириною 20 мм та довжиною близько 300...350 мм		Лінійка, рисувалка
3	Вирізати смужки		Слюсарні ножиці
4	Вирівняти смужки		Киянка, правильна плита
5	Розмітити смужки для відбортювання		Лінійка, рисувалка
6	Відбортювати смужки вздовж за лініями розмічання		Оправка, киянка
7	Розмітити ширину фальців з двох сторін смужки		Лінійка, рисувалка
8	Відігнути фальці та загнути під гострим кутом		Оправка, киянка, лещата

№ з/п	Послідовність операцій	Поопераційні ескізи	Інструменти, пристосування
9	З'єднати фальці		Оправка, киянка, лещата
10	Ущільнити та вирівняти фальцевий шов		Оправка, киянка, лещата
11	Надати потрібної форми		Оправка, киянка, лещата



ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

РОЗДІЛ 1. СЛЮСАРНІ ОПЕРАЦІЇ

РОЗМІТКА ПЛОЩИННА

1. Що таке розмітка?

- а) Операція з нанесення ліній і точок на заготовку, призначену для обробки;
- б) операція зі зняття з заготовки шару металу;
- в) операція з нанесення на деталь захисного шару;
- г) операція з видалення задирок з деталі.

2. Які є види розмітки?

- а) Пряма і кутова;
- б) площинна і просторова;
- в) базова;
- г) кругова, квадратна і паралельна.

3. Які інструменти застосовують при розмітці?

- а) Напилок, надфіль, рашпіль;
- б) свердло, зенкер, зенківка;
- в) труборіз, слюсарна ножівка, ножиці;
- г) рисувалка, молоток, кернер, розмічальний циркуль.

4. Вимірвальні інструменти, які застосовують для розмітки:

- а) масштабна лінійка, слюсарний кутник, транспортер, штангенциркуль;
- б) мікрометр, індикатор;
- в) різьбовий шаблон, щуп;
- г) шаблон.

5. На підставі чого здійснюють розмітку деталі?

- а) на підставі особистого досвіду;
- б) на підставі креслення;
- в) на підставі поради колеги;
- г) на підставі бракованої деталі.

6. Що таке накернювання?

- а) Операція з нанесення точок-заглиблень на поверхню деталі;
- б) операція з видалення задирок з поверхні деталі;
- в) операція з розпилювання квадратного отвору;
- г) операція з випрямлення покоробленого металу.

7. Похибка, що отримується при звичайних методах розмітки, може дорівнювати:

- а) приблизно 0,1 мм;
- б) приблизно 0,5 мм;
- в) приблизно 1 мм;
- г) Приблизно 0,25 мм.

8. Кут заточування креслярки становить:

- а) 45°;
- б) 60°;
- в) 15°;
- г) 5°.

9. Шаблон використовують для:

- а) розмічання великої кількості однакових за формою і розмірами деталей;
- б) визначення точного розміру деталі;
- в) ніколи не використовують шаблон при розмітці;
- г) визначення центру заготовки.

10. Кут заточування кернера становить:

- а) 45–60°;
- б) 10–15°;
- в) 20–30°;
- г) 30–40°.

11. Не використовують для зафарбовування заготовки:

- а) розчин мідного купоросу;
- б) крейду, розчинена у воді до густини молока;
- в) чорнило;

г) звичайну суху крейду.

12. Для розмічання робоче місце обладнують:

- а) розмічальними плитами;
- б) слюсарними лещатами;
- в) свердильними верстатами;
- г) усім названим вище.

РУБАННЯ МЕТАЛУ

1. Рубанням — це:

- а) технологічна операція зі зняття зайвих шарів металу з заготовки;
- б) технологічна операція поділу заготовки на частини;
- в) технологічна операція видалення наплавів, зняття кромки;
- г) усі відповіді правильні.

2. Інструментом для рубання металу є:

- а) сокира;
- б) зубило, крейцмейсель;
- в) напилки;
- г) ніж.

3. Точність обробки при рубанні:

- а) 0,5–0,7 мм;
- б) 0,1–0,3 мм;
- в) 0,8–0,9 мм;
- г) 1,0–1,2 мм.

4. Для підлітків застосовують молотки масою:

- а) від 600 до 800 грам;
- б) від 400 до 600 грам;
- в) від 100 до 200 грам;
- г) від 900 до 100 грам.

5. При чорновому рубанні товщина стружки:

- а) від 1,5 до 2 мм;
- б) від 0,3 до 0,5 мм;
- в) від 0,5 до 1 мм;
- г) усі відповіді правильні.

6. Кут загострення різальної кромки зубила для міді та її сплавів:

- а) 45°;
- б) 15°;
- в) 60°;
- г) 70°.

7. Для рубання металу необхідне таке обладнання:

- а) розмічальна плита;
- б) слюсарні лещата і плити;
- в) свердильний верстат;
- г) усе назване вище.

8. Якого виду рубання металу з допомогою зубила не буває?

- а) Рубання за рівнем губок лещат;
- б) зрубання шару металу з широких поверхонь;
- в) рубання вище рівня губок лещат;
- г) рубання нижче рівня губок лещат.

9. Кут загострення різальної кромки зубила для сталі:

- а) 45°;
- б) 15°;
- в) 60°;
- г) 70°.

10. На підставі чого здійснюють рубання?

- а) На підставі особистого досвіду;
- б) на підставі креслення;
- в) на підставі поради колеги;
- г) на підставі бракованої деталі.

11. Довжина ручки молотків масою 400–600 г:

- а) 350–380 мм;
- б) 500–600 мм;
- в) 150–250 мм;
- г) 700–800 мм.

12. Кут загострення різальної кромки зубила для чавуну:

- а) 45°;
- б) 15°;
- в) 60°;
- г) 70°.

**ПРАВКА ТА ЗГИНАННЯ МЕТАЛУ****1. Правка — це:**

- а) технологічна операція з усунення вигинів, нерівностей, опуклостей;
- б) технологічна операція з усунення вм'ятин різної форми;
- в) технологічна операція з усунення хвилястості та інших дефектів;
- г) усі відповіді правильні.

2. Заготовки зі смугової, пруткової і профільної сталі правлять:

- а) сталевими молотками з круглим опуклим бойком на плиті або ковадлі;
- б) дерев'яними молотками;
- в) молотками, виготовленими з міді, алюмінію або свинцю;
- г) дерев'яними або металевими брусками (гладилами) на гладеньких металевих плитах.

3. Правку листових металевих заготовок здійснюють:

- а) сталевими молотками з круглим опуклим бойком на плиті або ковадлі;
- б) дерев'яними молотками;
- в) молотками, виготовленими з міді, алюмінію або свинцю;
- г) дерев'яними або металевими брусками (гладилами) на гладеньких металевих плитах.

4. Правку тонкого листового металу (фольги) здійснюють:

- а) сталевими молотками з круглим опуклим бойком на плиті або ковадлі;
- б) дерев'яними молотками;
- в) молотками, виготовленими з міді, алюмінію або свинцю;
- г) дерев'яними або металевими брусками (гладилами) на гладеньких металевих плитах.

5. При виправленні листової заготовки на плиті:

- а) удари здійснюють молотком рядами, від краю заготовки в напрямку опуклості;

- б) удари здійснюють молотком рядами від опуклості до краю заготовки;
- в) удари здійснюють молотком хаотично;
- г) вирівнюють, затиснувши заготовку в лещатах.

6. При виправленні сталевого прута круглого перетину на плиті:

- а) удари наносять молотком по опуклій частині від країв вигину до середини;
- б) удари наносять молотком по опуклій частині від середини до країв вигину;
- в) удари наносять по чергово: один раз біля країв вигину, один раз посередині;
- г) вирівнюють, затиснувши заготовку в лещатах.

7. Для правлення профільних заготовок, труб і валів застосовують:

- а) кувалди;
- б) ручні преси;
- в) призми;
- г) лещата.

8. Якість правки (лінійність прутка чи смуги) перевіряють:

- а) на око;
- б) металевою лінійкою або кутником;
- в) за допомогою штангенциркуля;
- г) немає правильної відповіді.

9. Які молотки не можна застосовувати при правці?

- а) Молотки, виготовлені з дерева твердої породи;
- б) молотки, виготовлені з міді, алюмінію або свинцю;
- в) металеві молотки з круглим опуклим бойком;
- г) молотки з квадратним бойком.

10. Згинання — це:

- а) технологічна операція отримання деталі з різними вигинами;
- б) технологічна операція з усунення вм'ятин різної форми;

- в) технологічна операція з усунення хвилястості та інших дефектів;
- г) усі відповіді правильні.

11. Згинання труб проводиться за допомогою:

- а) кувалди і лещат;
- б) ручного преса;
- в) призми і молотка;
- г) трубозгинального верстата.

12. Середній шар металу при згинанні:

- а) стискаючись, коротшає;
- б) зберігає свою довжину незмінною;
- в) розтягується і подовжується;
- г) немає правильної відповіді.

РІЗАННЯ

1. Різання — це:

- а) технологічна операція поділу заготовки на частини;
- б) технологічна операція видалення надлишків матеріалу;
- в) технологічна операція вирізання пазів або отворів;
- г) усі відповіді правильні.

2. Тонкий листовий метал розрізають:

- а) зубилом;
- б) крейцмейселем;
- в) слюсарними ручними ножицями;
- г) ручною ножівкою.

3. Якими ножицями розрізають заготовку товщиною 0,5–0,7 мм?

- а) Машинними;
- б) важільними;
- в) стуловими;
- г) слюсарними ручними.

4. При різанні ручними слюсарними ножицями допустима товщина заготовки з міді становить:

- а) 0,5–0,7 мм;
- б) 0,5–1,0 мм;
- в) 0,5–1,0 мм;
- г) 1,5–2,5 мм.

5. Для різання профільного металу використовують:

- а) зубило;
- б) прес;
- в) слюсарні ножиці;
- г) ручну ножівку.

6. У важільних ножиць

- а) нижнє лезо закріплене на столі, а верхнє — вільно рухається;
- б) верхня рукоятка подовжена до 400–800 мм;
- в) верхнє лезо закріплене, а нижнє — вільно рухається;
- г) немає правильної відповіді.

7. При різанні ручними слюсарними ножицями заготовки з алюмінію допустима товщина металу становить:

- а) 0,5–0,7 мм;
- б) 0,5–1,0 мм;
- в) 0,5–1,0 мм;
- г) 1,5–2,5 мм.

8. Різання дроту здійснюють:

- а) зубилом;
- б) гострозубцями (кусачками);
- в) слюсарними ножицями;
- г) ручною ножівкою.

9. Інструмент для різання металу:

- а) зубило, крейцмейсель;
- б) слюсарна ножівка, ручні ножиці, труборіз;
- в) молоток, киянка, кувалда;
- г) свердла.

10. Полотно у прорізові ножівки встановлюють так, щоб зуби були спрямовані:

- а) від ручки рамки вперед;
- б) до ручки рамки;
- в) неважливо як;
- г) усі відповіді правильні.

11. Ступінь натягу полотна перевіряють поворотом:

- а) на 1/8 частину кола;
- б) на 1/4 частину кола;
- в) на 1/16 частину кола;



г) на 1/3 частину кола.

12. При різанні металу правими ножицями постійно видно:

- а) руку;
- б) лінію розмітки;
- в) частину відрізаного листа;
- г) нічого не видно.

ОБПИЛЮВАННЯ

1. Обпилювання — це:

- а) технологічна операція, при якій з поверхні деталі знімають напилком шар металу;
- б) технологічна операція, при якій з поверхні деталі знімають зубилом шар металу;
- в) технологічна операція, при якій з поверхні деталі знімають ножівкою шар металу;
- г) усі відповіді правильні.

2. Для обпилювання використовують такі інструменти:

- а) зубило, крейцмейсель;
- б) слюсарна ножівка;
- в) пилка;
- г) напилки.

3. Для обпилювання важкодоступних ділянок заготовок використовують:

- а) крейцмейсель;
- б) лобзик;
- в) рифлевки;
- г) надфілі.

4. Контроль зовнішніх кутів заготовки здійснюють:

- а) лінійкою;
- б) зовнішнім кутом слюсарного кутника;
- в) внутрішнім кутом слюсарного кутника;
- г) на око.

5. За формою поперечного перерізу напилки поділяють на:

- а) плоскі, квадратні;
- б) тригранні та ромбічні;

- в) круглі і напівкруглі;
- г) усі відповіді правильні.

6. Драчеві напилки застосовують:

- а) для грубої обробки;
- б) для остаточного обпилювання;
- в) для точних робіт;
- г) немає правильної відповіді.

7. При обпилюванні м'яких і в'язких металів напилком натирають:

- а) розчином мідного купоросу;
- б) крейдою, розчиненою у воді до густини молока;
- в) фарбою;
- г) звичайною сухою крейдою.

8. Металеву стружку з напилків:

- а) видаляють сталевими щітками;
- б) видаляють волосяними щітками;
- в) здувають повітрям;
- г) струшують.

9. Увігнуті криволінійні поверхні обпилюють:

- а) надфілями;
- б) круглими або напівкруглими напилками;
- в) трикутними напилками;
- г) рифлевками.

10. Для остаточного обпилювання використовують:

- а) драчеві напилки;
- б) оксамитові напилки;
- в) лицьові напилки;
- г) усі відповіді правильні.

11. Між ліктьовою і плечевою частинами руки при обпилюванні кут дорівнює:

- а) 45°;
- б) 90°;
- в) 60°;
- г) 70°.

12. При механізованому обпилюванні використовують:

- а) драчеві напилки;

- б) оксамитові напилки;
- в) шарошки або сталеві абразивні голівки;
- г) немає правильної відповіді.

ОБРОБКА ОТВОРІВ

1. Свердління — це:

- а) технологічна операція для отримання наскрізних отворів;
- б) технологічна операція отримання заглибин;
- в) технологічна операція збільшення діаметра отвору;
- г) усі відповіді правильні.

2. Процес свердління здійснюють:

- а) за розміткою;
- б) на око;
- в) без розмітки;
- г) немає правильної відповіді.

3. Для обробки отворів використовують такі інструменти:

- а) свердла;
- б) зенкери і зенківки;
- в) розгортки;
- г) усі відповіді правильні.

4. Свердління отворів діаметром більше 20 мм здійснюють:

- а) у два прийоми;
- б) у три прийоми;
- в) в один прийом;
- г) у чотири прийоми.

5. Кут загострення різальної кромки свердла для сталі та чавуну:

- а) 116–118°;
- б) 90–100°;
- в) 120–140°;
- г) 150–160°.

6. Отриманий у результаті заточування свердла кут перевіряють:

- а) спеціальними шаблонами;
- б) транспортиром;

- в) штангенциркулем;
- г) лінійкою.

7. Зенкування — це:

- а) отримання отворів більш високої точності;
- б) обробка готових отворів після свердління по поглибленню їх під потайні головки гвинтів або заклепок;
- в) отримання не наскрізних отворів;
- г) отримання отворів різного діаметру.

8. Калібр-пробкою перевіряють:

- а) діаметр свердла;
- б) діаметр отвору;
- в) глибину отвору;
- г) усі відповіді правильні.

9. Кут загострення різальної кромки свердла для кольорових металів:

- а) 116–118°;
- б) 90–100°;
- в) 120–140°;
- г) 150–160°.

10. Стружку після свердління видаляють:

- а) руками;
- б) щіткою;
- в) здувають;
- г) вона не заважає.

11. Розгортання — це:

- а) отримання отворів більш високої точності;
- б) обробка готових отворів після свердління по поглибленню їх під потайні головки гвинтів або заклепок;
- в) отримання не наскрізних отворів;
- г) отримання отворів для нарізання різьби.

12. Кондуктори при свердлінні дають змогу:

- а) підвищити точність свердління;
- б) підвищити продуктивності праці;
- в) виключити розмітку з накернюванням;
- г) усі відповіді правильні.

**НАРІЗАННЯ РІЗЬБИ****1. Різьба за експлуатаційним призначенням не може бути:**

- а) трикутна;
- б) кріпильна;
- в) ходова;
- г) спеціальна.

2. Параметри метричної різьби виражають у:

- а) дюймах;
- б) міліметрах;
- в) метрах;
- г) усі відповіді правильні.

3. Різьба з діаметром менше 0,9 мм називається:

- а) часовою різьбою;
- б) кріпильною різьбою;
- в) ходовою різьбою;
- г) спеціальною різьбою.

4. Інструментами для нарізування різьби служать:

- а) розгортки і свердла;
- б) зенкери і зенківки;
- в) мітчики і круглі плашки;
- г) усі відповіді хибні.

5. Чорновий мітчик має:

- а) одну риску;
- б) дві риски;
- в) три риски;
- г) чотири риски.

6. До спеціальних різьб належить:

- а) круга для цоклів і патронів електроламп;
- б) для об'єктів мікроскопів;
- в) на деталях із пластмас;
- г) усі відповіді правильні.

7. Основні параметри різьби — це:

- а) форма різьби;
- б) глибина різьби;
- в) напрямок різьби;

г) діаметр різьби і крок.

8. Різьбові калібри служать:

- а) для перевірки нарізаної різьби;
- б) для перевірки отвору під різьбу;
- в) для перевірки перпендикулярності різьби;
- г) для перерізання різьби.

9. Для визначення кроку різьби застосовують:

- а) плашки і мітчики;
- б) різьбоміри;
- в) мікрометри;
- г) штангенциркулі.

10. Плашка служить для нарізання:

- а) внутрішньої різьби;
- б) трикутної різьби;
- в) зовнішньої різьби;
- г) правильної відповіді немає.

11. Нарізування зовнішньої різьби здійснюють:

- а) у два прийоми;
- б) у три прийоми;
- в) у один прийом;
- г) у чотири прийоми.

12. У позначенні метричної різьби М8×1,5–6g М8 вказано на:

- а) метричну різьбу з кроком 8 мм;
- б) метричну різьбу з діаметром 8 мм;
- в) метричну різьбу з точністю 8 мм;
- г) метричну різьбу з відхиленням 8 мм.

ЗАКЛЕПКОВІ З'ЄДНАННЯ**1. Що називається клепаанням?**

- а) З'єднання двох або більше деталей за допомогою цвяхів;
- б) з'єднання двох або більше деталей за допомогою клею;
- в) з'єднання двох або більше деталей за допомогою кнопок;
- г) з'єднання двох або більше деталей за допомогою заклепок.

2. Циліндричний металевий стержень з головкою певної форми — це:

- а) заклепка;
- б) мітич;к;
- в) зубило;
- г) шабер.

3. Заклепувальні з'єднання застосовують для:

- а) забезпечення нерухомості деталей;
- б) підвищення міцності;
- в) полегшення складання розбирання;
- г) економії матеріалів.

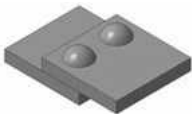
4. Основним критерієм працездатності заклепувальних з'єднань є:

- а) міцність;
- б) жорсткість;
- в) вібростійкість;
- г) зносостійкість.

5. За функціональним призначенням заклепувальні з'єднання бувають:

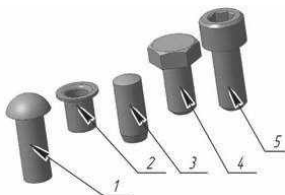
- а) щільні;
- б) нещільні;
- в) міцно-щільні;
- г) міцно-нещільні.

6. Показане на малюнку з'єднання є:



- а) однорядне стикове;
- б) дворядне нахлистне;
- в) онорядне нахлистне;
- г) дворядне стикове.

7. Які деталі є заклепками:



- а) 1, 2, 3;
- б) 1 і 3;
- в) 1, 3, 4, 5;

г) 1 і 2.

8. Головка заклепки, що виготовляється одночасно зі стержнем, називається:

- а) замикальною;
- б) закладною;
- в) підтримувальною;
- г) установочною.

9. Головка заклепки, що виходить в процесі клепаання, називається:

- а) замикальною;
- б) закладною;
- в) підтримувальною;
- г) обтискною.

10. Метод клепаання, при якому удари молотком завдають по замикальній головці, називається:

- а) прямий;
- б) зворотний;
- в) під кутом;
- г) усі відповіді правильні.

11. Для з'єднання заклепками деталі розташовують:

- а) перпендикулярно;
- б) з накладанням однієї деталі на іншу;
- в) у стик без накладання;
- г) накладанням однієї деталі на іншу з прокладкою.

12. При формуванні замикальної головки заклепки удари наносять:

- а) через обтиск по стержню;
- б) по з'єднанню деталей;
- в) безпосередньо по стержню;
- г) обіперши стержень по заставній головці.

ПАЙКА, ЛУДІННЯ ТА СКЛЕЮВАННЯ

1. Операція з'єднання нагрітих деталей розплавленим сплавом називається:

- а) зварюванням;
- б) паянням;
- в) заливанням;
- г) цинкуванням.

**2. З чого складається припій ПОС-61?**

- а) з олова;
- б) зі свинцю;
- в) сплав олова і свинцю;
- г) сплав олова, свинцю і міді.

3. Місце з'єднання деталей при паянні називають:

- а) торцем;
- б) кромкою;
- в) швом;
- г) стиком.

4. Лудінням називають:

- а) покриття поверхні спеціальним розчином;
- б) покриття поверхні тонким шаром припою;
- в) покриття поверхні тонким шаром парафіну;
- г) усі відповіді правильні.

5. Метал, який можна використовувати для лудіння:

- а) олово;
- б) цинк;
- в) мідь;
- г) срібло.

6. Флюсом називають:

- а) здуття на поверхні деталі або виробу;
- б) речовину для окислення поверхні деталі;
- в) речовину для знежирення поверхні деталі і зняття оксидних плівок;
- г) речовину для травлення поверхні.

7. Під час роботи з клеєм необхідно:

- а) провітрювати приміщення;
- б) використовувати підкладну дошку;
- в) клей наносити та розмазувати пальцем;
- г) у жодному разі не провітрювати приміщення.

8. Метод лудіння, який застосовують для дрібних деталей у великій кількості:

- а) провітрювати приміщення;
- б) використовувати підкладну дошку;
- в) клей наносити та розмазувати пальцем;
- г) у жодному разі не провітрювати приміщення.

9. Який клей належить до синтетичних?

- а) Столярний;
- б) епоксидний;
- в) казеїновий;
- г) карбамідний.

10. Столярний клей виготовляють з:

- а) роздроблених кісток тварин або підшкірного шару шкур тварин;
- б) епоксидної смоли;
- в) меламіно- і сечовиноформальдегідних смол;
- г) молочного білка.

11. Клей — це:

- а) рідкий розчин плівкоутворюючої речовини в органічному розчиннику, здатний при нанесенні тонким шаром утворювати на поверхні тверде блискуче або матове захисне покриття;
- б) суміш пігментів у мастилі (оліфі), здатна при нанесенні тонким шаром утворювати на поверхні міцне водо- й атмосферостійке покриття;
- в) в'язка речовина, яка при затвердінні утворює міцний шар, що з'єднує дотичні поверхні;
- г) усі відповіді правильні.

12. Як видаляють кислоту, яка потрапила на руки?

- а) Нашатирним спиртом, потім миють з милом;
- б) кальцинованою содою, потім миють з милом;
- в) втирають руки ганчіркою;
- г) нічим не втирають, дають просохнути.

ПРИПАСОВУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ СЛЮСАРНОЇ ОБРОБКИ**1. Для виготовлення притирів використовують:**

- а) сталь;
- б) алюміній;
- в) бронзу;
- г) олово.

2. Припасування — це:

- а) слюсарна операція з взаємної пригонки способами обпилювання двох сполучених деталей;
- б) слюсарна операція з взаємної пригонки способами свердління двох сполучених деталей;
- в) слюсарна операція з взаємної пригонки способами нарізання різьби у двох сполучених деталей;
- г) усі відповіді правильні.

3. Пригонкою називається:

- а) обробка однієї деталі по іншій для того, щоб виконати з'єднання;
- б) обробка поверхонь виробу притиром, інструментом з м'яких матеріалів з шліфувальним порошком;
- в) операція завершальної обробки різанням поверхонь, яка полягає в знятті дуже тонких стружок металу шляхом зіскоблювання;
- г) взаємна пригонка деталей, що сполучаються без зазору.

4. Оберіть вид шаберів, які застосовують для шабрення увігнутих і циліндричних поверхонь.

- а) тригранний;
- б) плоский;
- в) фасонний;
- г) усі зазначені види шаберів.

5. Величина припуску на доводку:

- а) 0,001–0,0025 мм;
- б) 0,01–0,02 мм;
- в) 0,001–0,003 мм;
- г) 0,01–0,025 мм.

6. Яка товщина шару металу знімається шабером за один прохід?

- а) 0,003–0,01 мм;
- б) 0,005–0,07 мм;
- в) 0,007–0,09 мм;
- г) 0,009–0,09 мм.

7. Операція шабрування полягає у:

- а) зіскоблюванні дуже тонких шарів металу з поверхні заготовки за допомогою різального інструмента — притира;
- б) зіскоблюванні дуже тонких шарів металу з поверхні заготовки за допомогою різального інструмента — шабера;
- в) зіскоблюванні дуже тонких шарів металу з поверхні заготовки за допомогою різального інструмента — надфіля;
- г) зіскоблюванні дуже тонких шарів металу з поверхні заготовки за допомогою різального інструмента — оксамитового напилка.

8. Види шаберів за конструкцією:

- а) клепані і зварні;
- б) штифтові і клинові;
- в) цілісні і складові;
- г) шпонкові і шплінтові.

9. Оздоблення виробів потрібне для:

- а) надання виробу кращого естетичного вигляду;
- б) надання виробу кращого естетичного вигляду, захисту виробу від корозії;
- в) надання виробу кращого естетичного вигляду, захисту виробу від корозії, продовження терміну служби виробу;
- г) усі відповіді правильні.

10. Який спосіб шабрення більш продуктивний?

- а) Від себе;
- б) на себе;
- в) перпендикулярно до виробу;
- г) управо-вліво.

11. Який матеріал належить до м'яких абразивів?

- а) Електрокорунд;



- б) алмаз синтетичний;
- в) алмазна паста;
- г) пісок.

12. Яка паста ГОІ надає поверхні дзеркального блиску?

- а) світло-зелена;
- б) зелена;
- в) чорна з зеленим відтінком;
- г) біла.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ

1. Складання може бути:

- а) вузловим;
- б) загальним;
- в) внутрішнім;
- г) зовнішнім.

2. Складанням називають:

- а) сукупність дій з установки і з'єднання в заданій послідовності окремих деталей і вузлів для отримання готового виробу;
- б) сукупність дій зі з'єднання деталей і вузлів для отримання частини виробу;
- в) сукупність дій з установки окремих деталей і вузлів у корпус виробу;
- г) сукупність дій з установки і з'єднання в будь-якій послідовності окремих деталей і вузлів для отримання готового виробу.

3. Найпростішою складальною одиницею є:

- а) вузол;
- б) корпус;
- в) деталь;
- г) каркас.

4. Складальна операція — це:

- а) частина технологічного процесу, яку виконують над одним виробом на одному робочому місці один робітник;
- б) частина технологічного процесу, яку виконують над одним виробом на декількох робочих місцях група робітників;
- в) частина технологічного складання, яку виконують над декількома вузлами на одному робочому місці один робітник;
- г) частина технологічного процесу, яку виконують над одним вузлом на багатьох робочих місцях один робітник.

5. Складання електронної апаратури і приладів ведуть:

- а) на підставі технічної документації;
- б) на підставі власного досвіду;
- в) на підставі готового виробу;
- г) на підставі порад майстра.

6. До технічної документації належать:

- а) операційні технологічні карти;
- б) складальні креслення виробу;
- в) інструкції майстра;
- г) усі відповіді правильні.

7. У специфікації складального креслення вказують:

- а) дані про окремі вузли, що входять у виріб;
- б) дані про матеріали, які використовують при складанні;
- в) дані про інструмент і пристосування;
- г) дані про норми часу на виконання кожної операції.

8. В операційній технологічній карті вказують:

- а) норми часу на виконання кожної операції;
- б) дані про застосовуване оснащення, інструменти, обладнання;
- в) дані про розряд робітника;
- г) усі відповіді правильні.

9. Переходом називається:

- а) частина складальної операції, яка виконується над одним з'єднанням одним інструментом;
- б) частина складальної операції, яка виконується над одним з'єднанням;
- в) частина складальної операції, яка виконується одним інструментом;
- г) усі відповіді правильні.

10. Нерухомі роз'ємні з'єднання виконують:

- а) штифтами, шплінтами;
- б) зварюванням, пайкою, клепокою;
- в) правильної відповіді немає;
- г) гвинтами, болтами, шпильками.

11. Нерухомі нероз'ємні з'єднання виконують:

- а) штифтами, шплінтами;
- б) зварюванням, пайкою, клепокою;
- в) правильної відповіді немає;
- г) склеюванням, запресовуванням.

12. Уніфікований верстак повинен мати:

- а) набір різноманітного інструмента;
- б) витяжну вентиляцію;
- в) правильної відповіді немає;
- г) зручне освітлення і пересувну підставку для ніг.

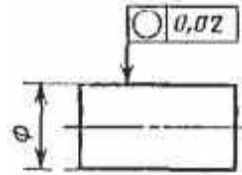
РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ**1. Розмір, який отримують вимірюванням обробленої деталі з допустимою похибкою:**

- а) номінальний;
- б) дійсний;
- в) найбільший граничний;
- г) найменший граничний.

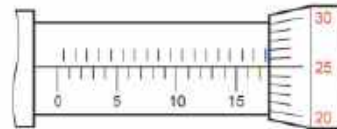
2. Якщо відомо значення допуску TD та нижнє відхилення EI, то за якою формулою можна знайти верхнє відхилення ES отвору?

мулою можна знайти верхнє відхилення ES отвору?

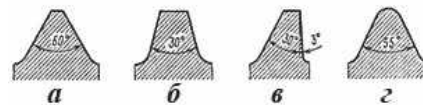
- а) $ES = EI - TD$;
- б) $ES = d_{max} - TD$;
- в) $ES = EI + TD$;
- г) $ES = d_{min} + TD$.

3. Як правильно прочитати умовне позначення на кресленні?

- а) Допуск циліндричності вала 0,02 мм;
- б) допуск круглості вала 0,02 мм;
- в) допуск круглості отвору 0,02 мм;
- г) допуск профілю поздовжнього перерізу вала 0,02 мм.

4. Обчисліть розмір за шкалами мікрометра:

- а) 15,25 мм;
- б) 17,25 мм;
- в) 17,75 мм;
- г) 25,00 мм.

5. Який профіль мають метричні різьби?

- а) а;
- б) б;
- в) в;
- г) г.

6. За якою формулою визначають допуск, якщо відомі відхилення вала?

- а) $IT = es - ei$;
- б) $EI = ES - IT$;



в) $IT = ES - EI$;

г) $es = ei - IT$.

7. Який з нормативних документів є стандартом, прийнятим міжнародною організацією зі стандартизації?

а) ГОСТ;

б) ДСТУ;

в) ISO;

г) усі відповіді правильні.

8. Розмір, отриманий конструктором у результаті розрахунків або з урахуванням різних конструкторських або технологічних міркувань при проектуванні:

а) дійсний;

б) номінальний;

в) нормативний;

г) граничний.

9. Сукупність допусків, що відповідають однаковому ступені точності для всіх номінальних розмірів — це:

а) поле допуску;

б) квалітет;

в) стандарт;

г) посадка.

10. Посадка — це:

а) характер з'єднання деталей;

б) характер виготовлення деталі;

в) розміри, що вийшли на виготовленій деталі;

г) правильної відповіді немає.

11. Натяг — це:

а) з'єднання двох деталей;

б) дійсний розмір вала гарантовано більший розміру отвору;

в) номінальний розмір вала менший розмір отвору;

г) номінальний розмір дорівнює розміру отвору.

12. Зазор — це:

а) різниця між розмірами отвору і вала до збирання, якщо отвір більше розміру вала;

б) різниця між розмірами отвору і вала до збирання, якщо отвір менше розміру вала;

в) різниця між розмірами отвору і вала до збирання, якщо отвір дорівнює розміру вала;

г) правильної відповіді немає.

РОЗДІЛ 4. МАТЕРІАЛИ У СЛЮСАРНІЙ СПРАВІ

1. Речовина, до складу якої входять два або декілька компонентів, називається:

а) метал;

б) сплав;

в) кристалічна решітка;

г) суміш.

2. Здатністю чинити опір впровадженню в поверхневий шар іншого більш твердого тіла наділені:

а) крихкі матеріали;

б) тверді матеріали;

в) пластичні матеріали;

г) пружні матеріали.

3. Яка з груп провідникових матеріалів є композиційною:

а) припої;

б) провідні модифікації вуглецю;

в) кермети;

г) матеріали високої провідності.

4. Здатність металів змінювати свою форму під дією зовнішніх сил і відновлювати її після припинення дії навантаження називається:

а) пружність;

б) пластичність;

в) мцність;

г) поверхневий натяг.

5. Сплави алюмінію — це:

- а) бронза;
- б) латунь;
- в) силумін;
- г) манганін.

6. Встановіть відповідність:

- а) автоматна сталь 20ХГ;
- б) швидкорізальна сталь У7;
- в) вуглецева інструментальна якісна сталь А38;
- г) конструкційна низьколегована сталь Р9М4К8.

7. Розшифруйте марки матеріалів:

- а) сталь 80кп;
- б) 38НГ4;
- в) У8А;
- г) брОЦ4–2.

8. Що означає число 10 у марці сплаву КЧ 35–10?

- а) Відносне подовження у відсотках;
- б) ударну в'язкість в кДж/м²;
- в) тимчасовий опір в кгс/мм²;
- г) межа плинності в МПа.

9. Латунь — це:

- а) сплав міді з цинком;
- б) сплав заліза з нікелем;
- в) сплав міді з оловом;
- г) сплав алюмінію з кремнієм.

10. Який з наведених у відповідях матеріалів кращий для виготовлення швидкохідних підшипників ковзання?

- а) Бр05Ц5С5;
- б) А09–2;
- в) АЧС–3;
- г) ЛЦ16К4.

11. Полімерами називають:

- а) речовини, отримані полімеризацією низькомолекулярних сполук;
- б) високомолекулярні сполуки, основний молекулярний ланцюг яких складається з атомів вуглецю;

- в) високомолекулярні сполуки, молекули яких складаються з великого числа мономерних ланок;
- г) органічні сполуки, що складаються з великого числа однакових за хімічним складом мономерів.

12. Термопластичними полімерними називають матеріали, які:

- а) оборотно тверднуть у результаті охолодження без участі хімічних реакцій;
- б) мають рідкоіснуючу структуру макромолекул;
- в) формуються при підвищених температурах;
- г) незворотно тверднуть у результаті хімічних реакцій.

13. Які матеріали називають пластмасами?

- а) Матеріали органічної або неорганічної природи, що мають високу пластичність;
- б) високомолекулярні сполуки, молекули яких складаються з великого числа мономерних ланок;
- в) штучні матеріали на основі природних або синтетичних полімерних сполук;
- г) матеріали, одержувані за допомогою реакцій полімеризації або поліконденсації.

14. Композиційним називають матеріал:

- а) складений різними компонентами, розділеними в ньому яскраво вираженими межами;
- б) структура якого представлена матрицею і зміцнюючими фазами;
- в) що складається з різних полімерів;
- г) в основних молекулярних ланцюгах якого містяться неорганічні елементи, що поєднуються з органічними радикалами.



РОЗДІЛ 5. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛУ У СЛЮСАРНІЙ СПРАВІ

1. Термічне свердління — це:

- а) процес пластичного формування наскрізного отвору в тонкостінній металевій заготовці за допомогою нагріву за рахунок тертя інструмента об заготовку;
- б) процес свердління наскрізного отвору в тонкостінній металевій заготовці;
- в) процес вирубання наскрізного отвору в тонкостінній металевій заготовці;
- г) усі відповіді правильні.

2. Спеціальна геометрія безстружково-го мітчика дає змогу:

- а) збільшити тертя і забезпечити легкий доступ мастильного матеріалу в зону деформування;
- б) зменшити тертя і забезпечити легкий доступ мастильного матеріалу в зону деформування;
- в) зменшити тертя матеріалу в зоні деформування;
- г) правильної відповіді немає.

3. Матеріали, які обробляють термічним свердлінням:

- а) деревина, пластмаса, папір;
- б) чавун, резина, вініпласт, поліетилен;
- в) сталь, нержавіюча сталь, кольорові метали і сплави (алюміній, латунь, мідь);
- г) чорні метали.

4. При зустрічному методі фрезерування різьби напрямки різьбо-фрези і подачі:

- а) не збігаються, вони протилежні;
- б) збігаються, вони попутні;
- в) не збігаються, вони зустрічні;
- г) не збігаються, вони паралельні.

5. Різьбонарізні патрони використовують для:

- а) спрощення процесу створення різьби мітчиками;
- б) спрощення процесу утворення отворів;
- в) спрощення процесу обробки металу;
- г) спрощення процесу отримання отвору.

6. При особливо важких умовах експлуатації свердло для квадратних отворів виготовляють:

- а) з легованої сталі 9ХМ2;
- б) з легованої сталі Х12;
- в) зі швидкорізальної сталі Х12;
- г) з будь-якої сталі.

7. При установці в систему для закріплення свердлильного металорізального інструмента Coromant Capto використовують:

- а) найкоротше свердло;
- б) середнє свердло;
- в) найдовше свердло;
- г) найгрубше свердло.

8. Свердла Walter Xtra — це свердла:

- а) зі змінними пластинами, які мають дві різальні кромки;
- б) з незмінними пластинами, які мають чотири різальні кромки;
- в) зі змінними пластинами, які мають чотири різальні кромки;
- г) зі змінними пластинами, які мають вісім різальних кромок.

9. Свердла Walter Xtra мають діапазон свердління діаметрів:

- а) 13,5–59 мм;
- б) 60–80 мм;
- в) 5–10 мм;
- г) 100 мм.

10. Свердла Walter Xtra мають глибину свердління:

- а) D, 3xD, 4xD, 5xD;

- б) 2xD, 3xD, 4xD, 5xD;
- в) 6xD, 7xD, 8xD, 9xD;
- г) 3xD, 4xD, 5xD, 6xD.

11. Під час електроерозійної обробки (різання) використовують інструмент:

- а) електрод-інструмент і електрод-заготовку;
- б) тільки електрод-заготовку;
- в) тільки електрод-інструмент;
- г) правильної відповіді немає.

12. Електрична ерозія — це:

- а) знімання металу при проходженні між електродами іскри;
- б) руйнування поверхні електродів, що супроводжується зніманням металу при проходженні між електродами електричних розрядів;
- в) руйнування поверхні електродів;
- г) відновлення поверхні електродів при проходженні між ними струму.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Василів В. І. Машинобудівні матеріали. К. : Будівельник, 1995. 168 с.
2. Гнилиця І. Д., Цап І. В., Іванов О. О. Матеріалознавство: конспект лекцій. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016. 104 с.
3. Загальний курс слюсарної справи [Електронний ресурс]. URL: <http://slusarna.com.ua>.
4. З'єднання деталей клепами [Електронний ресурс]. URL: <https://predmety.in.ua/z-yednannya-detalej-zaklepkami>.
5. Кондратюк С. Є. Металознавство та обробка металів : підручник для учнів проф.-техн. навч. закладів / С. Є. Кондратюк, М. В. Кіндрачук, В. О. Степаненко та ін. К. : Вікторія, 2000. 372 с.
6. Косенко В. А., Кадомський С. В. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство : лабораторний практикум. К. : Вид. Університет «Україна», 2012. 204 с.
7. Литвинчук Г. Р. Опорні конспекти із слюсарної справи [Електронний ресурс]. URL: http://nmc-pto.dp.ua/doc/2013/foreignpto_8.pdf
8. Макієнко М. І. Загальний курс слюсарної справи : підручник для проф.-техн. училищ ; пер. з рос. В. К. Сидоренко. К. : Вища школа, 1994. 312 с.
9. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : Навч. посібник / В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О. Степаненко, К. Г. Лопатко. К.: Либідь, 2002. 328 с.
10. Основи слюсарної справи [Електронний ресурс]. URL <http://danube.pto.org.ua/index.php/component/k2/itemlist/category/216-rozdil-6-1>
11. Основні види слюсарних виробів і матеріалів [Електронний ресурс]. URL: <https://obrobka.pp.ua/767-osnovn-vidi-slyusarnih-virob-materalv.html>
12. Питання по слюсарній справі [Електронний ресурс]. URL: <http://obrobka.pp.ua/753-pitannya-po-slyusarny-sprav.html>
13. План-конспект з трудового навчання «Слюсарний інструмент для розмітки та розрізання заготовок. Залежність кута загострення зубила від твердості заготовки» [Електронний ресурс]. URL: <http://infuha.ru/news/a-59.html>

14. Поняття про різьби та їх класифікація. Вікісторінка [Електронний ресурс]. URL: <http://wikipage.com.ua/1x33c2.html>
15. Слюсарна справа : практичний посібник для слюсаря [Електронний ресурс]. URL: http://www.ereading.club/bookreader.php/129625/Kostenko___Slesarnoe_del___Prakticheskoe_posobie_dlya_slesarya.html
16. Цинкування виробів з металу [Електронний ресурс]. URL: <https://kuznya-lviv.com.ua/tsynkuvannya-vyrobiv-z-metalu/>
17. Чумак М. Г. Матеріали та технологія машинобудування : підручник для учнів проф.-техн. навч. закладів. К.: Либідь, 2000. 368 с.



ЗМІСТ

<i>Вступ</i>	3
--------------------	---

Розділ 1. Слюсарні операції 4

1.1. Розмітка площинна та просторова.....	4
1.2. Рубання металу.....	11
1.3. Правка та згинання.....	17
1.4. Різання.....	22
1.5. Обпилювання.....	28
1.6. Обробка отворів.....	36
1.7. Нарізання різьби.....	45
1.8. Заклепкові з'єднання.....	51
1.9. Пайка, лудіння та склеювання.....	57
1.10. Припасовувальні операції слюсарної обробки.....	67

Розділ 2. Загальні відомості про процес складання 76

2.1. Загальні відомості про технологічний процес складання.....	76
2.2. Види передач механізмів і машин.....	85
2.2.1. Загальні відомості про передачі руху.....	85
2.2.2. Передачі з зубчастим зачепленням.....	87
2.2.3. Передачі з гнучкими ланками.....	91
2.2.4. Пасові передачі.....	94
2.2.5. Ланцюгові передачі.....	99
2.2.6. Деталі передач обертання — вали й осі.....	102
2.2.7. Механічні муфти та їх різновиди.....	107
2.3. Форми організації та методи складання.....	113
2.4. Вимоги до підготовки деталей до складання.....	114
2.5. Операції після складання.....	116

Розділ 3. Основи стандартизації 118

3.1. Основні терміни та поняття.....	118
3.2. Шорсткість поверхні й допуски та посадки.....	120
3.3. Відхилення від форми і розташування поверхонь.....	126
3.4. Класи точності обробки поверхонь.....	129
3.5. Контроль якості виконання слюсарних робіт.....	130

Розділ 4. Матеріали у слюсарній справі 140

4.1. Класифікація матеріалів	140
4.2. Металеві матеріали	141
4.3. Деформація та твердість матеріалу	148
4.4. Порошкові матеріали	150
4.4.1. Конструкційні порошкові матеріали	150
4.4.2. Пористі порошкові матеріали	152
4.4.3. Капілярно-пористі, високопористі, триботехнічні та піноматеріали	154
4.5. Неметалеві матеріали	157
4.6. Композиційні матеріали	162
4.7. Змашувальні, абразивні та допоміжні матеріали	163
4.8. Термічна обробка	165

**Розділ 5. Новітні технології обробки
металу у слюсарній справі 177**

5.1. Нова технологія отримання отворів і різьби безстружковим інструментом	177
5.2. Фрезерування різьби	179
5.3. Різьбонарізні патрони	181
5.4. Свердління квадратних отворів	182
5.5. Новітня система для закріплення свердлильного металорізального інструмента	183
5.6. Свердла Walter Xtra: точність, продуктивність, ефективність	185
5.7. Електроерозійна обробка	186

Додатки 188

Додаток 1	188
Додаток 2	189
Додаток 3	190
Додаток 4	198
Додаток 5. Тестові завдання	204

Список використаних джерел	220
----------------------------------	-----

Навчальне видання

ПОПОВ Анатолій Федорович, ПАХАР Тетяна Василівна,
ПАРЖНИЦЬКИЙ Олександр Вікторович,
ШУЛЕПІНА Ганна Юріївна

ОСНОВИ СЛЮСАРНОЇ СПРАВИ

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

У посібнику використано матеріали з вільних інтернет-джерел

Редактори *Андрій Кононенко, Мирослава Токарюк*
Коректор *Інна Криворук*
Дизайн та верстка *Анни Андрєєвої*

Формат 70х100/16.
Ум.-друк. арк. 18,14. Обл.-вид. арк. 23,20.
Наклад 21887 прим. Зам. № 1548.

Видавничий дім «Букрек»,
вул. Радищева, 10, м. Чернівці, 58000.
Тел./факс: (0372) 55-29-43. E-mail: info@bukrek.net. Сайт: www.bukrek.net
Свідцтво про внесення до Державного реєстру суб'єкта видавничої
справи ЧЦ № 1 від 10.07.2000 р.

