

О. П. Шиліна, В. Й. Шенфельд, О. Б. Янченко

**ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. П. Шиліна, В. Й. Шенфельд, О. Б. Янченко

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Електронний лабораторний практикум

Видання 2-е, перероблене та доповнене

Вінниця
ВНТУ
2025

УДК 621.7 (075)
Ш57

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 8 від 30.01.2025 р.)

Рецензенти:

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

Ю. А. Бурєнніков, кандидат технічних наук, професор

Шиліна, О. П.

Ш57 Технологія конструкційних матеріалів : лабораторний практикум [Електронний ресурс] / О. П. Шиліна, В. Й. Шенфельд, О. Б. Янченко. – [Вид. 2-е, перероб. та доп.]. – Вінниця : ВНТУ, 2025. – (PDF, 109 с.)

В лабораторному практикумі розглянуто фундаментальні основи сучасного виробництва заготовок, класифікація способів виробництва заготовок методом лиття, переваги та недоліки способів лиття, параметри точності та шорсткості, що можуть бути досягнені. Посібник розроблений згідно з планом кафедри ГМ і програмами дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство» і «Фізико-хімічні та металургійні основи виробництва металів».

УДК 621.74(075)

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| Лабораторна робота № 1 Технологічні випробування матеріалів. Визначення оброблюваності сталей..... | 4 |
| Лабораторна робота № 2 Виробництво виливків в піщано-глинистих формах..... | 21 |
| Лабораторна робота № 3 Лиття в металеві форми..... | 28 |
| Лабораторна робота № 4 Відцентрове лиття | 31 |
| Лабораторна робота № 5 Листове штампування..... | 34 |
| Лабораторна робота № 6 Ручне дугове зварювання металів | 43 |
| Лабораторна робота № 7 Газове зварювання та різання металів | 56 |
| Лабораторна робота № 8 Обробка поверхонь на токарному верстаті..... | 65 |
| Лабораторна робота № 9 Обробка отворів на свердлильних верстатах | 75 |
| Лабораторна робота № 10 Обробка поверхонь на фрезерних верстатах..... | 84 |
| Лабораторна робота № 11 Налаштування ділальних головок..... | 90 |
| Лабораторна робота № 12 Обробка заготовок на шліфувальних верстатах..... | 96 |
| Тестові завдання з дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів» | 101 |
| Словник термінів..... | 105 |
| Література | 108 |

Лабораторна робота № 1

Технологічні випробування матеріалів. Визначення оброблюваності сталей

Мета роботи – формування первинних знань про технологічні властивості конструкційних матеріалів і методика визначення оброблюваності сталей.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Технологічні властивості конструкційних матеріалів (property technical) – це комплекс фізико-хімічних властивостей цих матеріалів, зумовлених станом, складом і структурою в процесі взаємодії речовини з технологічним середовищем, тобто під час їх обробки. Оброблюваність матеріалу є основним критерієм його технологічності. Розрізняють матеріали з низькою, нормальною та підвищеною оброблюваністю. В таблиці 1 наводяться найбільш важливі технологічні властивості конструкційних матеріалів, їх показники, види виробництва та вироби, а також технологічні проби, випробування та виміри.

Ливарні властивості (founding) матеріалу визначають його здатність до переробки в рідкому стані з метою отримання виливків певних розмірів, форми та властивостей.

Деформовність (deformation) – оброблюваність тиском – це здатність матеріалу сприймати пластичну деформацію без руйнування єдності в процесі формозміни тиском в холодному або гарячому стані.

Зварюваність (welding) визначає властивість матеріалу утворювати нероз'ємне з'єднання, якість якого відповідає суцільному.

Зміцнюваність термічною обробкою визначає здатність матеріалу до загартування.

Оброблюваність різанням (machining) визначає опір матеріалу стружко-утворенню за заданих шорсткості, точності та якості оброблених поверхонь.

Електрофізична та електрохімічна оброблюваність матеріалу визначає його здатність до розплавлення та випаровування під дією електричного розряду або розчинення в електроліті під час електролізу.

Металокерамічна оброблюваність визначає здатність матеріалу до утворення порошкових формовок та спечених виробів.

Таким чином, технологічні властивості матеріалів, їх оброблюваність зумовлюють технологічну переробку, метод виробництва їх в заготовки та готові вироби – деталі машин та інструменти.

Таблиця 1 – Технологічні властивості матеріалів

| Технологічні властивості та їхні основні показники | Матеріали | Метод виробництва та види виробів | Технологічні проби |
|--|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ливарні властивості: – рідкоплинність; – усадка; – схильність до ліквідації | Чавуни, сталі, кольорові метали та сплави, пластмаси | Ливарне виробництво. Виливка. | Випробування на рідкоплинність, усадку, схильність до ліквідації |
| 2 | Сталі, сплави кольорових металів, спечені вироби, пластмаси | Обробка металів тиском. Прокат, поковки, гнуті профілі | Випробування на згин, на перегин, осадку, видавлювання, твердість |
| 3 | Сталі, чавуни, сплави кольорових металів, пластмаси | Зварювальне виробництво | Випробування на міцність зварного з'єднання та твердість, ударну в'язкість |
| 4 | Сталі, чавуни, кольорові метали та сплави | Термічна обробка. Металовироби | Випробування на гарт, твердість, ударну в'язкість, характер зламу |

Продовження таблиці 1

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|--|--|--|
| 5 | <p>Оброблюваність різанням:</p> <ul style="list-style-type: none"> - шорсткість поверхні; - точність розмірів; - швидкість та сила різання. | <p>Сталі, чавуни, кольорові метали та сплави, спечені вироби, пластмаси.</p> | <p>Механо-складальне виробництво. Точні вироби</p> | <p>Випробування на оброблюваність різанням, на твердість, на ударну в'язкість.</p> |
| 6 | <p>Оброблюваність електрфізичними та електрохімічними методами:</p> <ul style="list-style-type: none"> – електроерозійна; – електрохімічна; | <p>Матеріали, що важко обробляються.</p> | <p>ЕФ та ЕХ обробка матеріалів. Точні вироби</p> | <p>Випробування на ЕФ та ЕХ оброблюваність: шорсткість поверхні, продуктивність обробки.</p> |
| 7 | <p>Металокерамічна оброблюваність:</p> <ul style="list-style-type: none"> – текучість порошків; – пресовність; – спеченість. | <p>Металеві та неметалеві порошки.</p> | <p>Порошкова металургія. Спечені вироби</p> | <p>Випробування на текучість, пресовність та спеченість порошків.</p> |

Технологічні властивості матеріалу зумовлюють застосування відповідних методів їх обробки. Так, основним ливарним сплавом є чавун (*grey cast iron*) завдяки його гарним ливарним властивостям; сталь же переважно обробляють тиском; маловуглецева сталь (*steel*) добре зварюється, але вона не може зміцнюватись загартуванням, високовуглецева сталь – навпаки.

Проблеми надійності функціонування технологічних процесів, їх безвідходності та перспективності вирішуються на основі достовірної оцінки оброблюваності матеріалів. Таку оцінку отримують шляхом вимірювань, технологічних випробовувань та проб. Ними визначають ступінь оброблюваності матеріалу тим чи іншим способом.

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОБИ

Найпростіший метод оцінення властивостей оброблюваного матеріалу, що найлегше виконується в умовах цеху – це метод технологічних проб. Його суть полягає в тому, що зразки матеріалу піддають технологічному впливу за видом обробки. Якість проби визначають за відсутністю бракувальних ознак – тріщин, розшарувань, зламів тощо, а також за оптимальністю режиму впливу. Проби дозволяють встановити технологію обробки, що забезпечує отримання якісних виробів. Технологічні проби звичайно зумовлюються технологічними умовами та вимогами на виготовлення виробів. Багато проб нормалізовані відповідними державними стандартами.

До основних технологічних проб належать проби на визначення ливарних властивостей – рідкоплинність (*yield, flow*) та усадка (*shrinkage*), проби на згин, на зварюваність, видавлювання, оброблюваність різанням тощо.

2.1 *Проба на згин* (ГОСТ 3728-78) виконується для оцінення здатності металу сприймати згин до певного кута, до паралельності сторін під час огинання валика або до дотикання сторін (рис. 1). Цій пробі піддають пластичні метали завтовшки до 30 мм. Випробування виконують на пресах, спеціальних машинах та на лещатах з заокругленими губками. Дріт, прутки, тонкий лист та стрічку випробовують на перегин (ГОСТ 13813-68), подвійний кровельний замок (рис. 2).

2.2 *Проба на видавлювання листів і стрічок за методом Еріксена* визначає здатність матеріалу до витягування під час виготовлення об'ємних виробів з плоскої заготовки. Схему випробування листового матеріалу на видавлювання показано на рис. 3. Залежно від товщини листа вибирають номер та діаметр пуансона 1, матриці 3 та притискувача 4. Лист 2 притискують кільцем 4 до матриці 3 і деформують пересуванням пуансона 1. Як наслідок в листі утворюється поглиблення, глибина якого в момент появи тріщини фіксується на відповідній шкалі приладу. Під час дослідження застосовується мастило, наприклад, графітне.

Гарний якісний матеріал має забезпечувати глибину утвореної ямки не нижче норм, наведених в таблиці 2.

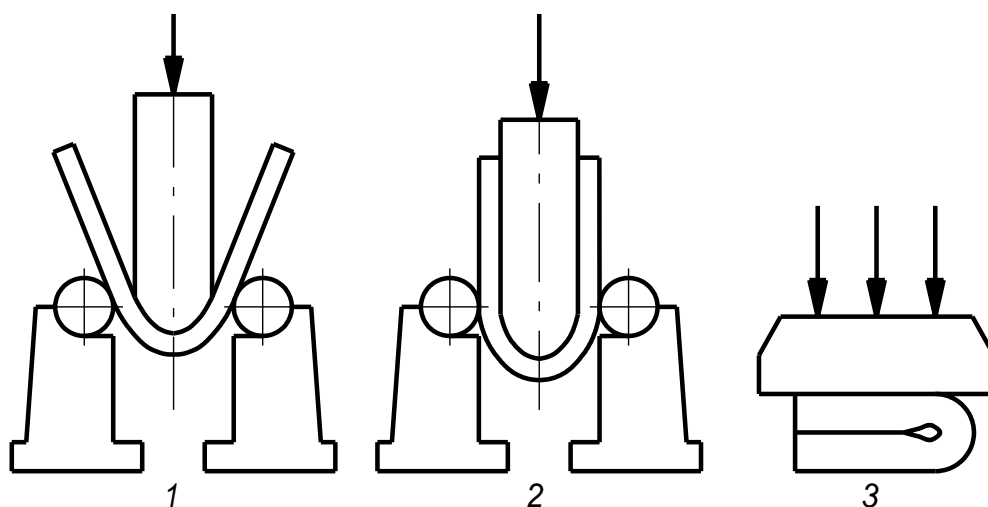


Рисунок 1 – Схеми випробувань на згин:
1 – до певного кута; 2 – до паралельності сторін; 3 – до дотикання сторін

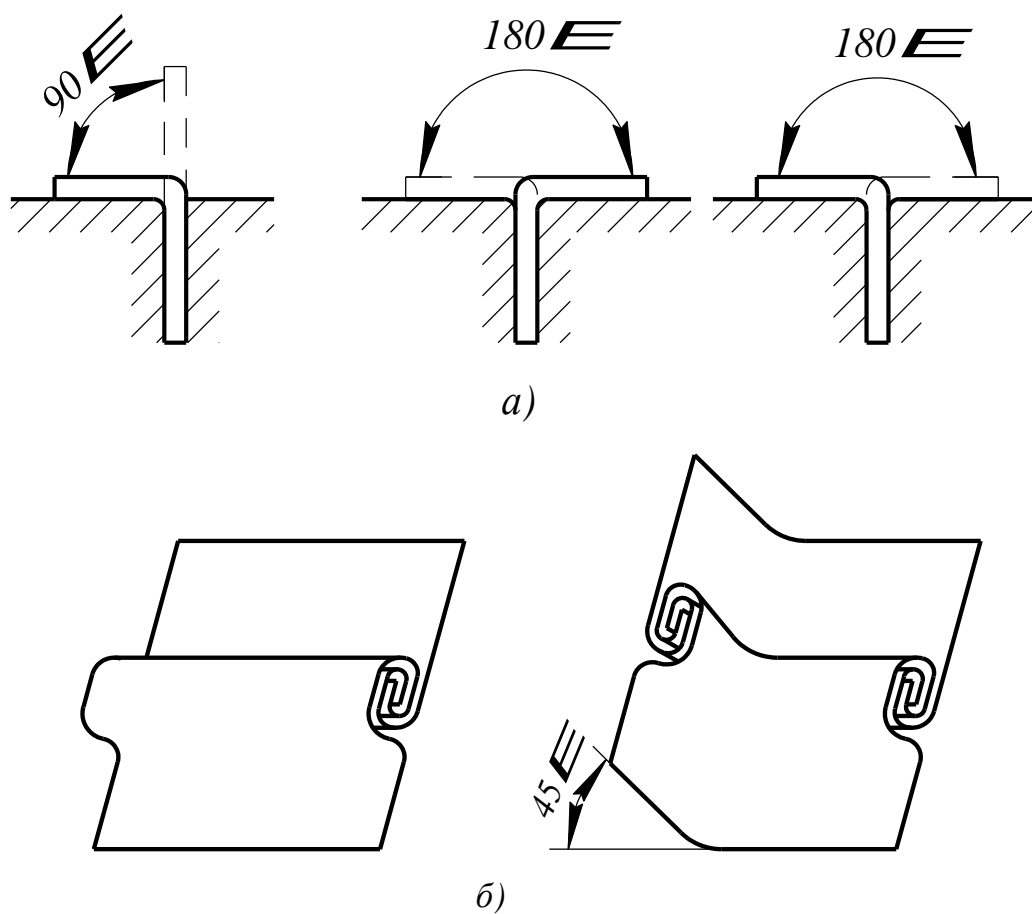


Рисунок 2 – Схеми випробувань на:
а) – перегинання; б) – подвійний кровельний замок

Таблиця 2 – Глибина видавлювання залежно від товщини матеріалу

| Матеріал | Товщина, мм | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |
| Латунь | 11.3 | 12.2 | 12.7 | 13.0 | 13.3 | 13.5 | 13.7 | 13.8 | 14.1 | 14.3 |
| Мідь | 9.6 | 10.5 | 11.1 | 11.4 | 11.8 | 12.1 | 12.3 | 12.6 | 12.8 | 13.0 |
| Сталева стрічка | 8.6 | 9.5 | 10.1 | 10.6 | 11.0 | 11.4 | 11.8 | 12.1 | 12.3 | 12.5 |
| Сталь листована | 7.3 | 8.3 | 9.5 | 10.1 | 10.6 | 10.9 | 11.3 | 11.3 | 11.7 | 12.2 |
| Алюміній листовий | 7.6 | 8.7 | 9.2 | 9.5 | 9.9 | 10.2 | 10.7 | 11.1 | 11.2 | 11.7 |
| Жерсть біла | 6.2 | 7.5 | 8.3 | 8.9 | 9.5 | 9.9 | 10.3 | 10.8 | 11.2 | 11,6 |

2.3 *Проба на оброблюваність різанням* виконується різними способами. За основу більшості з них береться порівняння оброблюваності еталону (сталь 45) та матеріалу, що випробовується. Для класифікації матеріалу за оброблюваністю застосовують метод Кеснера, суть якого полягає в свердлінні отвору діаметром 10 мм за частоти обертання близько 400 об/хв. Подача свердла відбувається під дією постійного зусилля 50 кгс (кГ). Характеристикою оброблюваності є глибина проникнення свердла в металі за 100 обертів шпинделя верстата.

Оброблюваність оцінюється коефіцієнтом, що визначається за формулою

$$K_{piz} = (l_x / l_{45}) \cdot 100 \%,$$

де l_x – глибина отвору у випробовуваному матеріалі;

l_{45} – глибина отвору в еталонному матеріалі.

Випробування виконуються на вертикально-свердлильному верстаті. В процесі випробувань тонких матеріалів 5...10 мм можна порівнювати час, за який просвердлюються наскрізні отвори.

2.4 *Проба на міцність зварного з'єднання* дозволяє оцінити зварюваність різних матеріалів. Для цього зразки зварюються заданим швом за ГОСТ 5264-80. Зварне з'єднання піддають випробуванню на згин за ГОСТ 3728-78 до заданого кута, наприклад, 90°. Фіксується кут згину, за якого з'являються тріщини або відбувається руйнування з'єднання. Результати порівнюють з даними подібних випробувань основного матеріалу. Зварюваність оцінюється відношенням кутів згину, за яких утворюються тріщини, у вигляді коефіцієнта:

$$K_{зв} = \alpha_x / \alpha_o ,$$

де α_x – кут згину зварного з'єднання;
 α_x – кут згину основного матеріалу.

Випробування виконують на спеціальних пристроях або в лещатах з заокругленими губками (рис. 4).

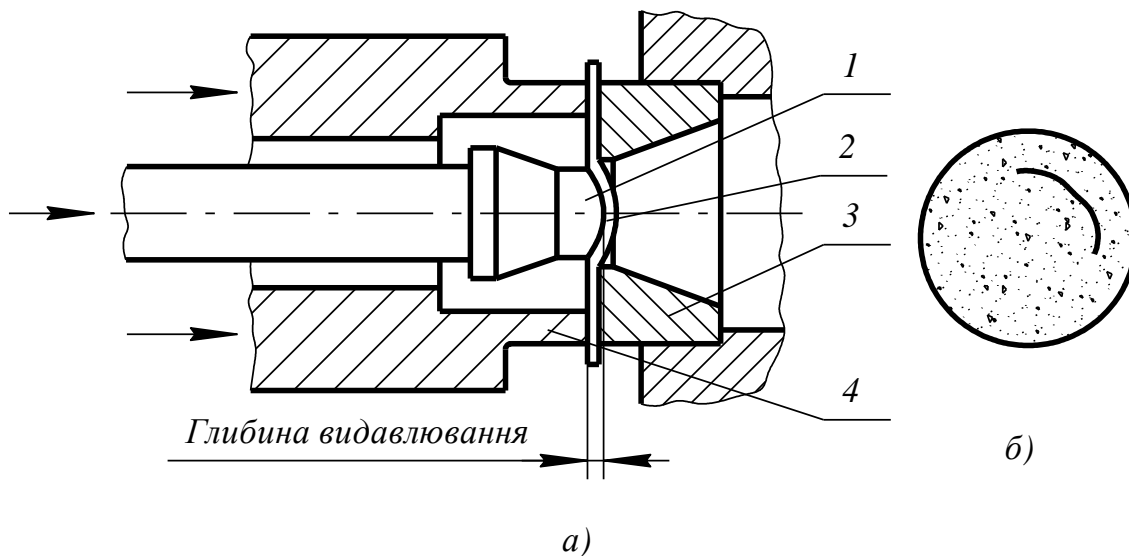


Рисунок 3 – Випробування листового металу на видавлювання:
а) – схема, випробування; б) – лунка з тріщиною

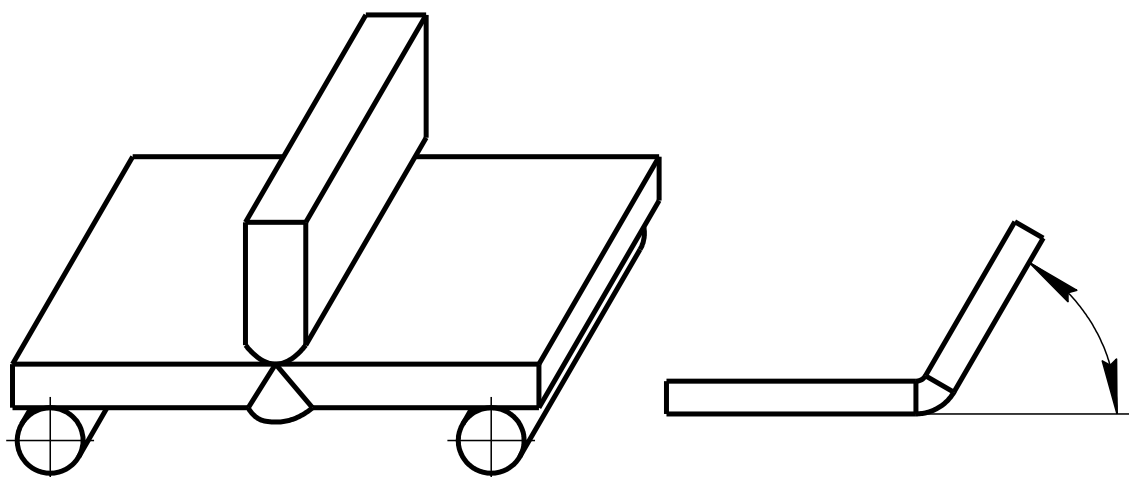


Рисунок 4 – Схема випробування зварних швів на згин

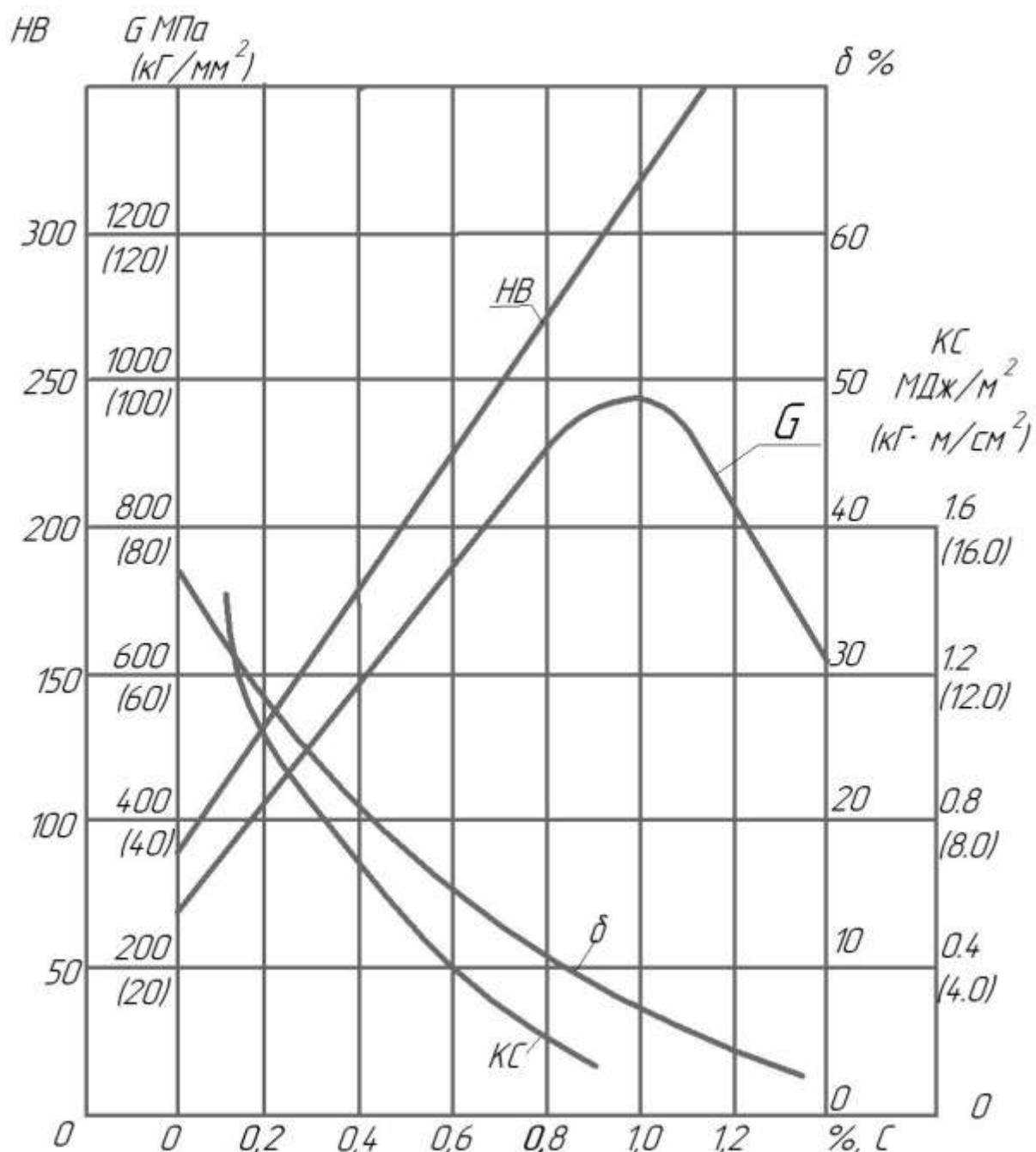


Рисунок 5 – Вплив вуглецю на механічні властивості сталей

3 ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Випробування на твердість

Твердість (*hardness*) — це властивість поверхневого шару матеріалу чинити опір пружній та пластичній деформаціям або руйнуванню за місцевої пластичної взаємодії з боку іншого, більш твердого тіла (індентора) відповідної форми та розмірів.

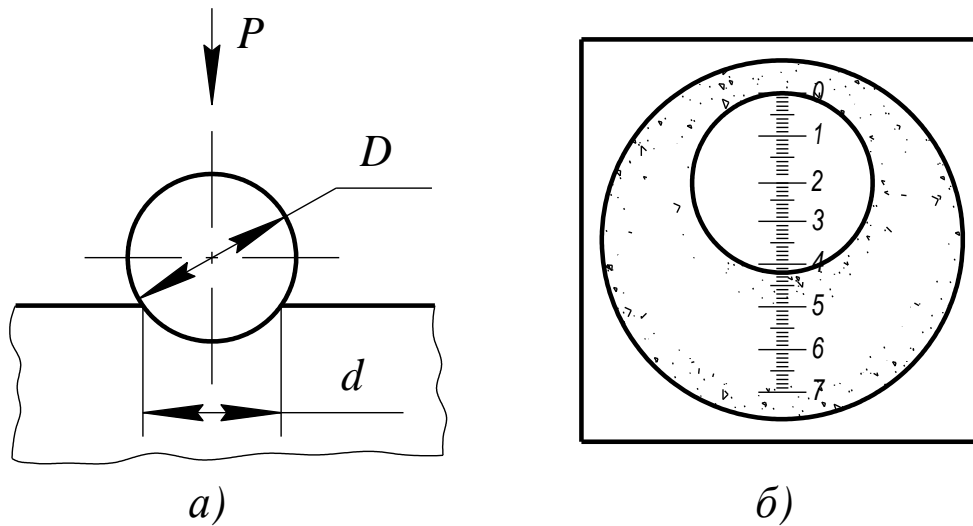


Рисунок 6 – Вимірювання твердості методом Брінелля:
 а) – схема утворення відбитка; б) – вимірювання діаметра відбитка

Для багатьох сплавів встановлена чітка залежність між твердістю, механічними та технологічними характеристиками (міцністю, зносостійкістю, оброблюваністю різанням, тиском тощо). Тому вимірювання твердості є найбільш поширеним методом механічних випробувань. Способи визначення твердості поділяють на статичні та динамічні залежно від швидкості прикладання навантаження, а за способом його прикладання – на методи вдавлювання та шкрябання. Найбільш поширені методи, в яких використовується статичне навантаження індентора перпендикулярно до поверхні зразка. Це методи Брінелля, Роквелла та Віккерса.

3.1.1 Твердість за методом Брінелля визначається відповідно до ГОСТ 9012-59. Як індентор використовується сталева загартована кулька діаметром 10; 5 або 2,5 мм, яка вдавлюється у поверхню матеріалу під навантаженням від 153 до 29400 H (від 15.6 до 3000 $кГ$). На поверхні зразка утворюється відбиток (лунка) у формі кульового сегмента діаметром d (рис. 6, а). Цей діаметр вимірюють за допомогою спеціального мікроскопа, на окуляр якого нанесена вимірювальна шкала з поділками, що дорівнюють одній десятій частці міліметра. Діаметр відбитка визначають середнім значенням двох його вимірювань у взаємно перпендикулярних напрямках з точністю до 0.05 $мм$ (рис. 6, б). Число твердості за Брінеллем, яке позначається літерами HB (H – від англ. *hardness* – твердість, B – Брінелль), вимірюється відношенням навантаження P , що діє на кульку діаметром D , до площі відбитка F :

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Одиниця вимірювання твердості за Брінеллем – $кГ/мм^2$ або $МПа$ ($МН/м^2$). В першому випадку твердість записується так: $HB 200$, $HB 250$, де 200; 250 – величина твердості в $кГ/мм^2$. Якщо твердість вимірюється в

MH/m^2 , то запис такий: $HB\ 2000\ MPa$, $HB\ 2500\ MPa$. Діаметр кульки, навантаження та час витримки під навантаженням вибирають залежно від очікуваної твердості та товщини матеріалу (таблиця 3). Під час вимірювання твердості кулькою певного діаметра з відповідним навантаженням на практиці користуються стандартною таблицею, в якій наводяться числа HB залежно від діаметра лунки і відношення P/D^2 (таблиця 4). Під час вимірювання твердості за Брінеллем потрібно виконувати такі умови:

- поверхня зразка має бути плоскою, чистою та гладкою;
- зразок має лежати на столику-підставці стійко, щоб під час вимірювання твердості не відбувалося його зрушення або прогинання; товщина зразка має бути не менша десятикратної глибини відбитка (більше 1...2 мм);
- відстань від центра відбитка до краю зразка має бути не менша $2,5d$, а між центрами двох сусідніх відбитків – не менша $4d$; для металів з $HB < 350$ відповідно $3d$ і $6d$.

3.1.2 Твердість за методом Роквелла визначається шляхом вдавлення в зразок індентора у вигляді алмазного конуса з кутом при вершині 120° або сталевий кульки діаметром 1.568 мм (1/16 дюйма – 1/16"). Навантаження на індентор здійснюється послідовно: спочатку попереднє P_0 , що дорівнює 100 Н, потім основне P_1 . Сума попереднього і основного навантаження становить загальне навантаження P , яке вибирається залежно від індентора і очікуваної твердості (таблиця 5).

За різницею глибин вдавлення індентора під дією двох послідовних навантажень P_0 і P_1 роблять висновок про твердість матеріалу. Стрілка індикатора приладу Роквелла показує не цю різницю, а величину $(100 - e)$ по чорній шкалі C або A та $(130 - e)$ по червоній шкалі B , де $e = (h_1 - h_0) / 0.002$; h_1 і h_0 – глибини вдавлення індентора під час прикладання відповідно повного та попереднього навантаження; 0.002 – умовна одиниця твердості (ціна поділки шкали індикатора приладу).

Одиниця твердості за Роквеллом – безрозмірна величина, що відповідає осьовому переміщенню індентора на 0.002 мм. Твердість за Роквеллом позначається так: $HRB\ 30$, $HRC\ 60$, $HRA\ 80$, тобто твердість 30 за шкалою B , 60 – за шкалою C , 80 – за шкалою A . Числа HRA можна перевести на числа HRC за формулою $HRC = 2HRA - 104$.

3.1.3 Твердість за Віккерсом. У випадку стандартного вимірювання твердості за Віккерсом в поверхню зразка вдавлюється алмазний індентор у формі чотиригранної піраміди з кутом при вершині 136° під дією навантаження P , яке вибирають в межах 49...1176 Н (5...120 кГ) протягом 5...10 с (ГОСТ 2999-75). Внаслідок вимірювання на поверхні зразка утворюється відбиток у вигляді ромба, діагональ якого вимірюється спеціальним мікроскопом (див. рис. 6, б).

Таблиця 4 – Твердість за Брінеллем для $D= 10$ мм,
 $P = 29430$ Н (3000 кг) і $P = 30 D^2$

| <i>d, мм</i> | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.09 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.90 | 444 | 441 | 438 | 435 | 432 | 429 | 426 | 423 | 420 | 417 |
| 3.00 | 415 | 412 | 409 | 406 | 403 | 401 | 398 | 395 | 393 | 390 |
| 3.10 | 388 | 385 | 383 | 380 | 378 | 375 | 373 | 370 | 368 | 366 |
| 3.20 | 363 | 361 | 359 | 356 | 354 | 352 | 350 | 347 | 345 | 343 |
| 3.30 | 341 | 339 | 337 | 335 | 333 | 331 | 329 | 326 | 325 | 323 |
| 3.40 | 321 | 319 | 317 | 315 | 313 | 311 | 309 | 307 | 306 | 304 |
| 3.50 | 302 | 300 | 298 | 297 | 295 | 293 | 292 | 290 | 288 | 286 |
| 3.60 | 285 | 283 | 282 | 280 | 278 | 277 | 275 | 274 | 272 | 271 |
| 3.70 | 269 | 268 | 266 | 265 | 263 | 262 | 260 | 259 | 257 | 256 |
| 3.80 | 255 | 253 | 252 | 250 | 248 | 248 | 246 | 245 | 244 | 242 |
| 3.90 | 241 | 240 | 239 | 237 | 236 | 235 | 234 | 232 | 231 | 230 |
| 4.00 | 229 | 228 | 226 | 225 | 224 | 223 | 222 | 221 | 219 | 218 |
| 4.10 | 217 | 216 | 215 | 214 | 213 | 212 | 211 | 210 | 209 | 208 |
| 4.20 | 207 | 205 | 204 | 203 | 202 | 201 | 200 | 199 | 198 | 198 |
| 4.30 | 197 | 196 | 195 | 194 | 193 | 192 | 190 | 189 | 188 | 188 |
| 4.40 | 187 | 186 | 185 | 185 | 184 | 183 | 182 | 181 | 180 | 179 |
| 4.50 | 179 | 178 | 177 | 176 | 175 | 174 | 174 | 173 | 172 | 171 |
| 4.60 | 170 | 170 | 169 | 168 | 167 | 167 | 166 | 165 | 164 | 164 |
| 4.70 | 163 | 162 | 161 | 161 | 160 | 159 | 158 | 158 | 157 | 156 |
| 4.80 | 156 | 155 | 154 | 154 | 153 | 152 | 152 | 151 | 150 | 150 |
| 4.90 | 149 | 149 | 148 | 147 | 146 | 146 | 145 | 144 | 144 | 143 |
| 5.00 | 143 | 142 | 141 | 141 | 140 | 140 | 139 | 138 | 138 | 137 |
| 5.10 | 137 | 136 | 135 | 135 | 134 | 134 | 133 | 133 | 132 | 132 |
| 5.20 | 131 | 130 | 130 | 129 | 129 | 128 | 128 | 127 | 127 | 126 |
| 5.30 | 126 | 125 | 125 | 124 | 124 | 123 | 123 | 122 | 122 | 121 |
| 5.40 | 121 | 120 | 120 | 119 | 119 | 118 | 118 | 117 | 117 | 116 |
| 5.50 | 116 | 115 | 115 | 114 | 114 | 114 | 113 | 113 | 112 | 112 |
| 5.60 | 111 | 111 | 110 | 110 | 110 | 109 | 109 | 108 | 108 | 107 |
| 5.70 | 107 | 107 | 106 | 106 | 105 | 105 | 105 | 104 | 104 | 103 |
| 5.80 | 103 | 103 | 102 | 102 | 101 | 101 | 101 | 100 | 99.5 | 99.5 |
| 5.90 | 99.2 | 98.8 | 98.4 | 98.0 | 97.7 | 97.3 | 96.9 | 96.6 | 96.2 | 95.9 |
| 6.00 | 95.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Таблиця 5 – Умови вимірювання твердості за Роквеллом

| Приблизна твердість за Брінеллем, кг/мм^2 | Сфера застосування | Шкала приладу Роквелла | Тип індентора | Навантаження P , H | Межі вимірювання твердості за шкалою Роквелла |
|--|--|------------------------|----------------|------------------------|---|
| Більше 700 | Надтверді матеріали, цементовані сталі | <i>A</i> чорна | Алмазний конус | 600 | 70...90 |
| 230... 700 | Тверді та термічно оброблені сталі | <i>C</i> чорна | Алмазний конус | 1500 | 20...67 |
| 60...230 | М'які матеріали | <i>B</i> червона | Стальна кулька | 1000 | 25...100 |

Схему вимірювання твердості за Роквеллом наведено на рис. 7.

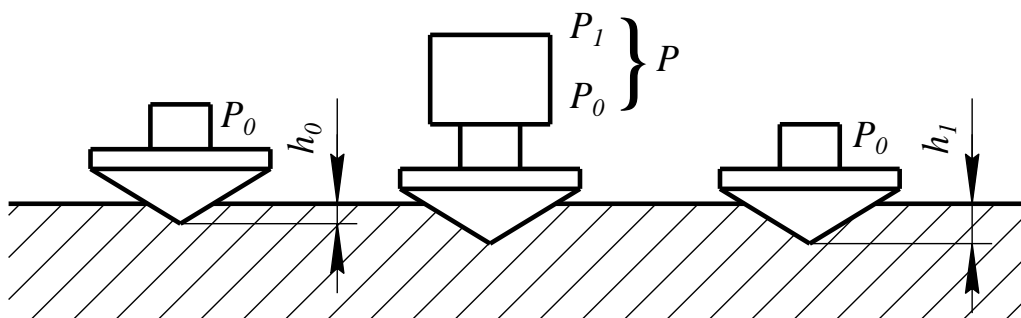


Рисунок 7 – Схема вимірювання твердості за Роквеллом

Число твердості за Віккерсом HV визначають діленням навантаження P на площу бічної поверхні отриманого пірамідального відбитка F :

$$HV = 2 P \sin (\alpha / 2) / d^2 = 1.854 P / d^2,$$

де d – середнє арифметичне двох діагоналей відбитка;

$\alpha = 136^\circ$ – кут при вершині піраміди.

Твердість вимірюють в кг/мм^2 і записують HV 200 без вказування одиниці вимірювання або в Н/мм^2 і записують з вказуванням одиниці вимірювання, наприклад, HV 2000 МПа.

Числа HV і HV близькі за абсолютною величиною, однак тільки до значення приблизно HV 400. Вище цих значень метод Брінелля дає спотворені результати внаслідок залишкової деформації сталеві кульки. Алмазна

піраміда в методі Віккерса дозволяє визначати твердість практично будь-яких металевих матеріалів. Ще більш важлива перевага цього методу полягає у строгому зіставленні чисел твердості HV будь-яких матеріалів, випробовуваних за різних навантажень.

3.1.4 *Інші методи визначення твердості.* Для вимірювання твердості масивних деталей і конструкцій, коли описані способи застосувати неможливо, використовується метод ударного відбитку (ГОСТ 18661-73). На рис. 8 зображено прилад, призначений для цієї мети. Прилад складається з корпусу 4, бойка 3, кульки 1, пружини 2. В проріз корпусу вставляється еталонний зразок 5, твердість якого відома. Для вимірювання твердості виробу 6 прилад ставиться кулькою 1 на його поверхню і по бойку 3 наноситься удар молотком. У цьому випадку кулька одночасно утворює відбитки (лунки) у випробовуваній деталі та в еталоні, поверхні яких пропорційні твердості цих матеріалів. Число твердості випробовуваного матеріалу визначають в одиницях Брінелля

$$HB = HB_e \cdot F_e / F_d,$$

де HB_e – твердість еталону в одиницях Брінелля;

F_e – площа поверхні відбитка на еталоні, $мм^2$;

F_d – площа поверхні відбитка на деталі, $мм^2$.

З інших динамічних методів оцінення твердості потрібно відмітити метод ударного відскоку (метод Шора) – ГОСТ 23273-78. Твердість визначають за допомогою бойка з алмазним наконечником, що падає з фіксованої висоти H (рис. 9). Під час падіння боек вагою q з висоти H енергія удару витрачається на незворотний процес пластичної деформації та на пружну деформацію, яка повертається бойку у вигляді енергії пружного відскоку $A_2 = h \cdot q$. Повна енергія удару буде $A_1 = H \cdot q$. Енергія, що пішла на залишкову деформацію, буде $A = A_1 - A_2 = q(H - h)$. Таким чином, чим більша енергія пішла на залишкову деформацію, тим більш м'який матеріал і менша висота відскоку бойка h .

Висота відскоку бойка фіксується положенням стрілки на шкалі індикатора. Шкала має 140 поділок для оцінення висоти відскоку. Відскоку в 100 поділок відповідає твердість загартованої високовуглецевої сталі. Число твердості за Шором позначається HSD . Перевагою цього методу є можливість перевірки твердості шліфованих деталей без порушення якості поверхні.

Останнім часом широко втілюється ультразвуковий метод вимірювання твердості.

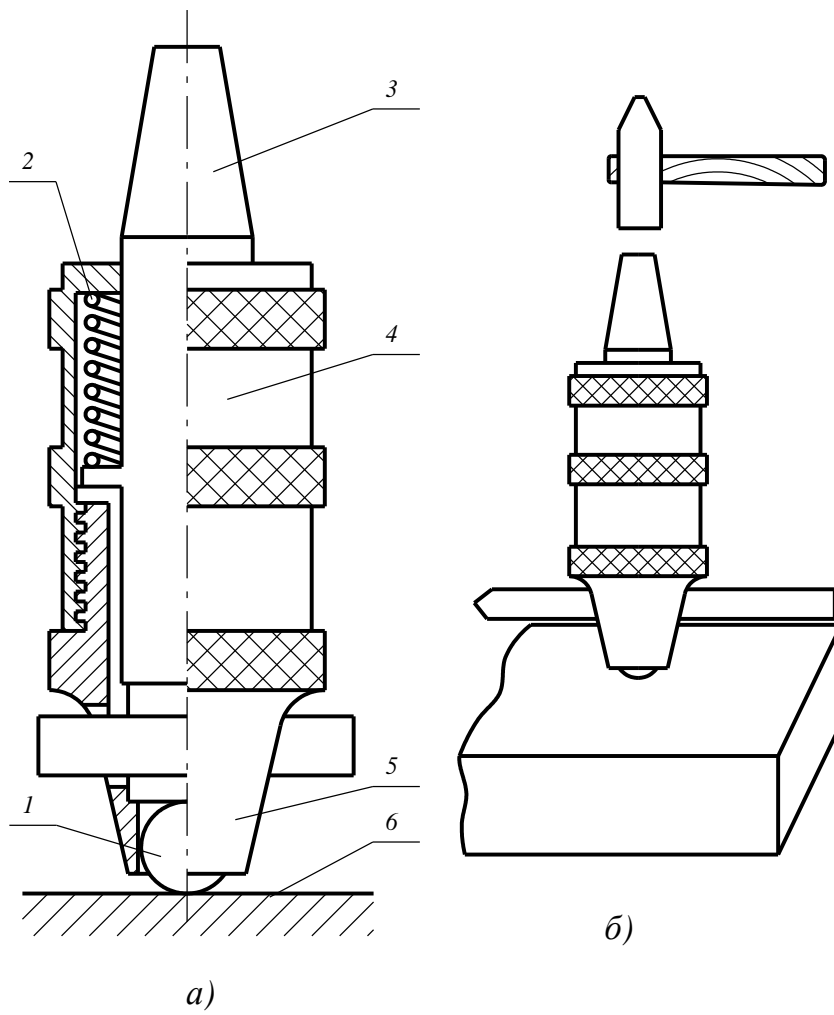


Рисунок 8 – Прилад для вимірювання твердості методом ударного відбитка

a) – будова приладу; *б)* – схема випробування

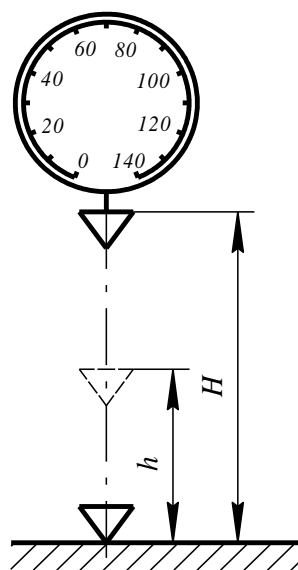


Рисунок 9 – Схема вимірювання твердості за методом Шора

4 ДИНАМІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

Під час експлуатації різноманітні деталі і конструкції часто піддаються ударним навантаженням (переїзд автомобіля через вибоїну на дорозі, посадка літака, кування або штампування на молотах тощо). Для оцінення здатності металевих виробів сприймати ударні навантаження використовують ударні випробування, які також виявляють схильність металів до крихкого руйнування. Це найбільш небезпечний вид руйнування, що катастрофічне швидко розвивається під дією порівняно невеликих напруг.

4.1 Вимірювання ударної в'язкості

Найбільш поширеним динамічним випробуванням є випробування на ударне згинання (ударну в'язкість). Ударна в'язкість матеріалу – це кількість енергії (роботи), що витрачається на руйнування зразка за ударних навантажень. Основним зразком за ГОСТ 9454-78 є стержень квадратного перерізу 10×10 мм і довжиною 55 мм з надрізом (концентратором) посередині, який робиться шліфувальним кругом товщиною 2 мм і радіусом заокруглення 1 мм (рис. 10, а).

Випробування проводяться на спеціальних приладах – маятникових копрах із змінним запасом енергії, гранична величина якої не перевищує 30 Дж (294 кг·м). Схему випробування наведено на рис. 10, б. Зразок кладуть горизонтально в спеціальний шаблон, що забезпечує положення надрізу якраз посередині прольоту між опорами. Удар наносять з протилежного від надрізу боку. Маятник копра закріплюється у вихідному верхньому положенні. По шкалі фіксується кут підйому маятника α .

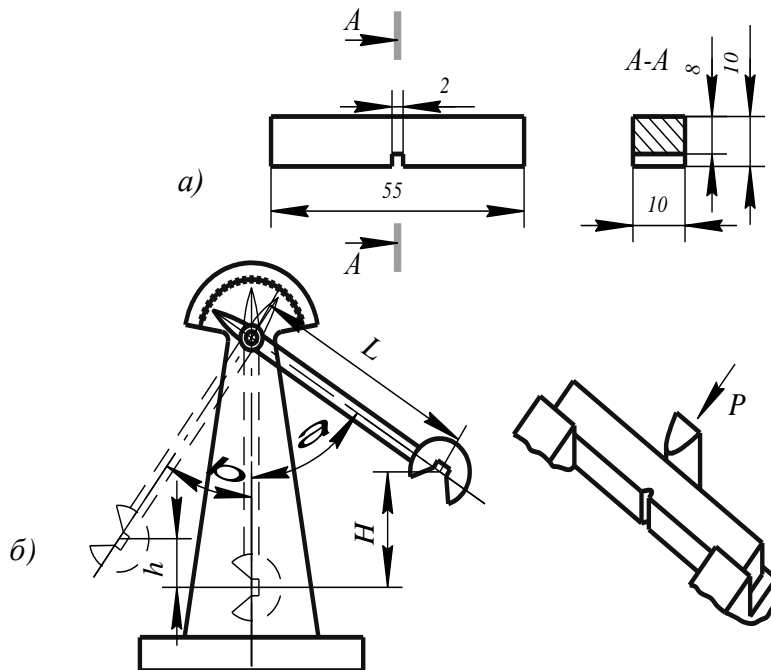


Рисунок 10 – Схема випробування на ударну в'язкість
а) – зразок для випробування; б) – схема маятникового копра

Після звільнення маятника він вільно падає під власною вагою, ударяє по зразку, згинає та руйнує його, піднімаючись відносно вертикальної осі на кут β . Цей кут тим менший, чим більша робота K , що витрачається маятником на деформацію та руйнування зразка:

$$K = Q (H - h),$$

де Q – вага маятника;

H – висота встановлення маятника;

h – висота підйому маятника після удару.

Якщо довжина маятника L , то $h = L(1 - \cos\beta)$, $H = L(1 - \cos\alpha)$ і робота руйнування буде

$$K = Q L (\cos \beta - \cos \alpha).$$

За цією формулою можна розрахувати роботу K , вимірявши кути α і β та знаючи величини Q і L , які для кожного копра постійні. (В лабораторному копрі шкала проградуєвана в одиницях роботи $\text{кГ}\cdot\text{м}$).

Знаючи повну роботу деформації і руйнування K , можна розрахувати ударну в'язкість $KС$:

$$KС = K / F,$$

де F – площа поперечного перерізу зразка в місці надрізу до випробування. Стандартна одиниця вимірювання ударної в'язкості – $\text{Дж}/\text{м}^2$ або $\text{кГ}\cdot\text{м}/\text{см}^2$.

5 ЛАБОРАТОРНЕ ЗАВДАННЯ ТА ПОРЯДОК ЙОГО ВИКОНАННЯ

5.1 Дано три зразки із сталей невідомих марок (один зразок – із сталі 45). Визначити твердість за Брінеллем кожного зразка і за графіком (див. рис. 5) знайти марку сталі.

5.2 Визначити коефіцієнт оброблюваності різанням кожного з трьох заданих зразків.

5.3 Визначити ударну в'язкість сталі, з якої виготовлено зразок $10 \times 10 \times 55 \text{ мм}$ і також знайти марку цієї сталі.

5.4 Дані вимірювань та розрахунків занести в таблицю 6.

Таблиця 6 – Результати вимірювань і випробувань

| Номер зразка | Марка сталі (рис. 5) | Механічні властивості | | | | $K_{різ}$ |
|--------------|----------------------|-----------------------|----------|----------|------|-----------|
| | | HB | σ | δ | $КС$ | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |

6 ЗМІСТ ЗВІТУ ПРО ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ

Звіт про лабораторну роботу має містити:

- назву роботи та її мету;
- короткі теоретичні відомості про властивості конструкційних матеріалів та методи їх вимірювань;
- результати вимірювань та розрахунків твердості, ударної в'язкості, коефіцієнтів різання;
- висновки.

7 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Які властивості називаються механічними, технологічними, експлуатаційними?
2. Що характеризує поняття «оброблюваності матеріалу»?
3. Чим визначається оброблюваність матеріалу тиском, литтям, зварюванням, різанням?
4. Які властивості відносяться до механічних, технологічних?
5. Методи визначення твердості.
6. Як визначається твердість крупних важких виробів?
7. Що називається ударною в'язкістю?
8. В чому полягає методика визначення ударної в'язкості?
9. В чому полягає методика визначення оброблюваності різанням?
10. В чому полягає методика визначення твердості за Брінеллем, Роквеллом, Віккерсом?

Лабораторна робота № 2

Виробництво виливків в піщано-глинистих формах

Мета роботи – вивчити технологію отримання виливків в піщано-глинистих формах (*casting, mould*), отримати навички формовки, заливки форм, вибивки литва, аналізу браку, сфери застосування литва, виготовленого таким способом.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Лиття в піщано-глинисті форми є основним способом одержання виливків із сплавів чорних та кольорових металів. Приблизно 70% (за масою) заготовок (*workpiece, flank, billet*) для деталей машин одержують литтям, а в деяких галузях машинобудування, наприклад, у верстатобудуванні 90 – 95%. Литтям можна отримати виливки практично будь-якої складності, маси та розмірів.

Найбільшу кількість виливків одержують у разових піщано-глинистих формах з формової суміші (*moulding materials*), що складається з кварцового піску, вогнетривкої глини та спеціальних добавок. Спосіб виготовлення виливків у разових піщано-глинистих формах є найпростішим і найдешевшим. Однак виливки, одержані таким способом, в більшості випадків мають нижчу точність, потребують підвищених припусків на механічну обробку (*machining allowance*), потребують великої кількості формових матеріалів (5–7 тонн на тонну литва), що погіршує умови праці робітників і утруднює автоматизацію технологічного процесу виготовлення виливків.

2 СХЕМА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ У РАЗОВИХ ФОРМАХ

Технологія виготовлення, виливків у разових піщано-глинистих формах (*temporary moulding*) складається з таких послідовних операцій:

- виготовлення модельних комплектів (*model set*);
- приготування формових (*moulding mixture*) і стержневих сумішей (*core mixture, core sand*);
- виготовлення форм і стержнів;
- сушіння стержнів (а іноді і форм);
- складання форм;
- одержання рідкого металу;
- заливання ливарних форм (*casting, mould*) металом;
- вибивання виливків з форм;
- обрубання і очищення литва;
- термічна обробка, виливків (в разі необхідності);
- контроль готових виливків.

Модельний комплект складається з моделі, одного або кількох стержневих ящиків і моделей елементів ливникової системи.

Модель – зразок, за допомогою якого одержують звичайно зовнішні окреслення виливка в формі. Внутрішні порожнини та отвори у виливках створюють за допомогою стержнів, які виготовляють у стержневих ящиках. Модель за конструкцією дещо відрізняється від деталі. Вона не має отвору, а, навпаки, в місцях виходу отвору, на торцях, виступи – знаки 2 (рис. 11, б). Аналогічні знаки є і в стержневому ящику, отже, вони будуть і у стержня (рис. 11, в). Моделі складної форми виготовляють роз'ємними (рис. 11, б), або зі знімними частинами, а вертикальні стінки їх, перпендикулярні до площини рознімання, виконують з нахилом, що дає змогу виймати модель без руйнування форми.

Розміри моделей більші ніж деталі на величину лінійної усадки і припусків на механічну обробку.

Усадка (shrinkage) – зменшення об'єму (об'ємна усадка) і лінійних розмірів (лінійна усадка) виливка в процесі охолодження металу від температури заливання до нормальної температури. Середнє значення лінійної усадки становить: для сірого чавуну 1%, для сталі 2%, для бронзи 1,25... 1,5%.

Величина припусків на обробку залежить від розмірів і точності виготовлення виливка, марки сплаву, точності деталі, розташування оброблюваної частини виливка у формі.

Формові матеріали, які застосовують для виготовлення разових форм, повинні мати такі властивості: пластичність, текучість, міцність, газопроникність, податливість, вогнетривкість, непригарність і мінімальну газотвірність.

Пластичність (plasticity) – здатність формової суміші приймати форму, що їй надається, без руйнування і давати точні відбитки моделі при формуванні.

Текучість – здатність зерен формової суміші до взаємного переміщення під впливом зовнішніх сил.

Міцність (strength) – здатність ущільненої суміші не руйнуватися під тиском металу, що заливається в форму, а також від поштовхів при складанні і транспортуванні.

Газопроникність (permeability) – властивість формової суміші пропускати з визначеною швидкістю газу.

Вогнетривкість – здатність суміші не плавитись і не розм'якшуватись під впливом розплавленого металу.

Непригарність (non-stickiness) – здатність суміші не вступати в хімічну взаємодію з металом, не сплаватися з ним, не приварюватись до поверхні виливка.

Піддатливість (pliability, compliance) – властивість суміші не чинити великого опору усадці металу при охолодженні виливка в формі.

Газотвірність – здатність формової суміші виділяти гази при нагріванні.

Крім того, формові суміші повинні бути дешеві і зберігати свої властивості при багатократному їх використанні.

Основними складовими формових і стержневих сумішей є кварцевий пісок, вогнетривка глина, вода і спеціальні добавки, до яких належать скріплювачі (крім глини), протипригарні добавки та добавки, що підвищують податливість та газопроникність. Як скріплювачі застосовуються різні органічні та неорганічні речовини: олія і мінеральне масло, різні смоли, сульфітно-спиртова барда (продукт перероблення відходів целюлозно-паперового виробництва), декстрин (хімічно оброблений крохмаль) і рідке скло, що є швидкотвердіючим скріплювачем.

Протипригарними добавками є кам'яновугільний пил і мазут для сумішей, що використовують для виготовлення виливків з чавуну і сплавів з кольорових металів, а маршаліт (кварцева мука) – для виливків із сталі.

Для підвищення податливості і газопроникності застосовують тирсу і торф.

Ливникові системи (gating system) призначені для заливання з визначеною швидкістю металу в форму, а в деяких випадках - для живлення виливка рідким металом у процесі його кристалізації.

Нормальна ливникова система складається з ливникової чаші 16 (рис. 11), стояка 12, шлакоуловлювача 11 і живильників 10. Ливникова чаша – приймач струменя металу, що заливається в форму. Стояк – вертикальний канал, який з'єднує ливникову чашу з іншими елементами ливникової системи. Шлакоуловлювач призначений для затримки неметалевих включень. При поворотах і втраті швидкості руху струменя металу в шлакоуловлювачі шлак спливає на поверхню, а чистий метал проходить у живильники і по них безпосередньо у форму.

3 РУЧНЕ ФОРМУВАННЯ. ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМ У ДВОХ ОПОКАХ ЗА РОЗНІМНОЮ МОДЕЛЛЮ

Як приклад розглянемо процес виготовлення форми для виливка трійника, показаного на рис. 11, *а*. Модельний комплект складається з роз'ємної моделі (рис. 11, *б*) і стержневого ящика (рис. 11, *в*). Формування виконують у такій послідовності.

На підмодельну дошку 7 (рис. 11, *г*) встановлюють нижню половину моделі і моделі живильників 10 (рис. 11, *и*), за допомогою яких рідкий метал подається у порожнину форми, та нижню опоку 8 (рис. 11, *з*).

Для запобігання прилипання формової суміші до поверхні моделі та підмодельної дошки їх посипають сухим піском, графітом чи лікоподієм.

В опоку (*casting box, moulding frame*) засипають формову суміш і ущільнюють її трамбівкою. Зайву суміш зчищають лінійкою для одержання горизонтальної площини на рівні кромek опоки і загостреним прутком наколюють вентиляційні канали 9 для збільшення газопроникності форми.

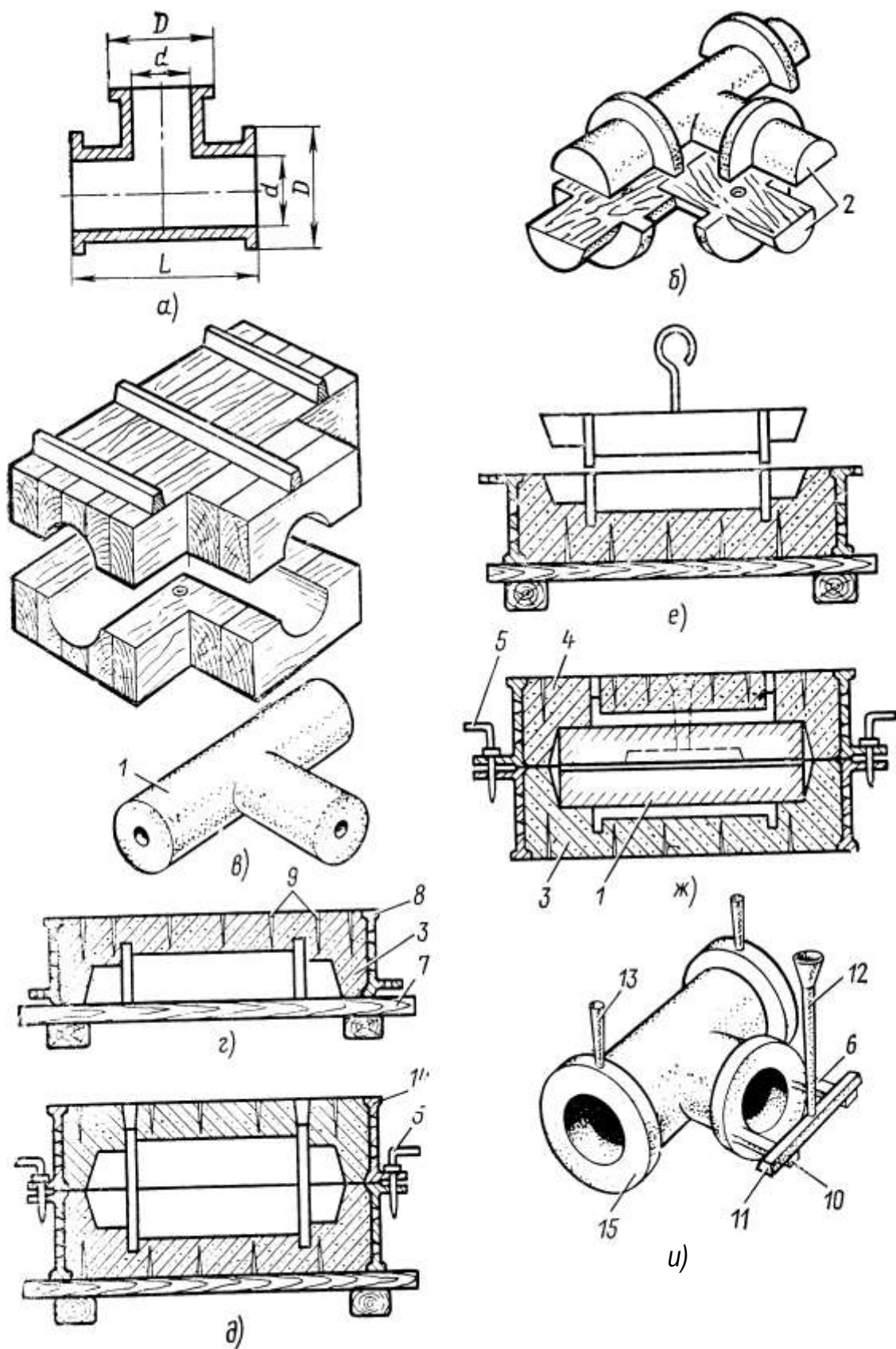


Рисунок 11 – Послідовність виготовлення ливарної форми у двох опоках за роз'ємною моделлю

Потім нижню півформу повертають на 180° , поверхню рознімання вигладжують гладилкою, посипають сухим роздільним піском. Після цього на нижню половину моделі накладають верхню її половину, взаємно центруючи їх шипами, встановлюють верхню опоку 14, центруючи її з нижньою штирями 5 (рис. 11, д), моделі стояка, випару та шлакоуловлювача (позиції відповідно 12, 13 та 11 на рис. 11). Потім засипають в опоку формову суміш, ущільнюють, зчищають її надлишок, наколюють вентиляційні канали, прорізають ливникову чашу 16 навколо стояка, виймають моделі стояка і випарів, знімають верхню опоку, повертають її на 180° і ставлять поряд з нижньою. З кожної опоки виймають половини моделей деталі і ливникової системи. Після виправлення дефектів в нижню половину форми встановлюють раніше виготовлені і висушені стержні (рис. 11, ж) і верхню опоку ставлять на нижню, центруючи їх штирями 5. Опoki скріплюють скобами або зверху на них кладуть вантаж, щоб під час заливання метал не пройшов у площину розніму форми. Форму заливають розплавом через канали ливникової системи. Після заливання форму витримують для кристалізації розплаву та охолодження виливка, котрий після цього вибивають з форми, яка в процесі вибивання руйнується.

Перераховані операції виготовлення ливарної форми можуть здійснюватись або вручну – в одиничному, дрібносерійному виробництві за дерев'яними моделями, або механізовано з використанням формувальних машин за металевими моделями. Формувальні машини механізують такі операції: наповнення опок формувальною сумішшю, ущільнення суміші, видалення моделей із форми, складання і транспортування форм до місця заливання.

Машинне виготовлення форм полегшує працю формувальників, підвищує продуктивність праці й точність виливків на 2...3 квалітети порівняно з ручним формуванням, зменшує припуски на обробку, що економить 10...15% металу, забезпечує виготовлення взаємозамінних деталей.

Після виготовлення форми заливають розплавом певної температури: сталлю – $1390...1550^\circ\text{C}$, чавуном – $1220...1400^\circ\text{C}$, бронзою – $1050...1200^\circ\text{C}$, силуміном – $690...730^\circ\text{C}$ (нижня границя для великих товстінних виливків, верхня – для дрібних тонкостінних). Заливання здійснюється розливними ковшами, футерованими зсередини вогнетривом, так, щоб струмінь металу не переривався, а ливникова чаша весь час була заповнена металом.

Стержні з виливків вибивають вручну або використовують пневматичні вібраційні машини, в яких виліток струшується і стержнева суміш з нього видаляється. Великі стержні вимивають з виливка струменем води, використовуючи гідравлічні установки. Водночас значно підвищується продуктивність праці та покращуються умови роботи.

4 ОБРУБУВАННЯ Й ОЧИЩЕННЯ ВИЛИВКІВ

Операція відокремлення ливникової системи від виливків називається обрубанням. Обрубують ливникову систему у дрібних чавунних виливках вручну молотком або ковадлом. У сталевих і з кольорових металів виливках, а також додатки великих чавунних виливків відрізують дисковими або стрічковими пилами. Від сталевих виливків ливникову систему і додатки відокремлюють також газокисневим різанням. Заливи, задирки, нерівності поверхні обрубують пневматичним зубилом або зачищають абразивним кругом.

Після обрубання виливки очищають від пригару. В одиничному виробництві це роблять сталевими щітками, ручними або пневматичними зубилами, у серійному – в обертових барабанах із зірочками з білого чавуну (дрібні виливки з чорних металів), у дробоструминних і дробометальних апаратах або сильним струменем води з піском. Пригар із поверхні виливків кольорових металів видаляють хімічним травленням.

5 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИЛИВКІВ

Контроль виливків здійснюється з метою визначення наявності на них дефектів, які свідчили б про неможливість подальшого використання виливків, тобто дефектів, які є не виправними. Основними дефектами виливків є такі:

– *газові раковини (flow-hole)* – пузирі газів у тілі виливка. Утворюються за недостатньої газопроникності формової суміші або за дуже щільного заповнення форми;

– *піщані та шлакові раковини (sand and slag holes)* – порожнини, заповнені формувальною сумішшю або шлаком. Це наслідок слабкого набивання форми або поганої конструкції шлакоуловлювача;

– *усадкові раковини* – відкриті або закриті пустоти в тілі виливка. Утворюються за неправильної конструкції виливка або незадовільної ливникової системи;

– *холодні тріщини (cold cracks)* – розриви тіла виливка значної довжини. Утворюються внаслідок неоднакової швидкості охолодження різних частин виливка;

– *гарячі тріщини (hot cracks)* – розриви тіла виливка незначної довжини. Причина – недостатня піддатливість форми та стержнів або недостатня витримка виливків у формі.

Газові та піщані раковини, а також відкриті усадкові раковини можуть бути виправлені заварюванням, якщо виливок буде працювати за великих навантажень, або забиванням замазками чи мастиками на невідповідальних виливках.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити технологію ручного формування.
2. Ознайомитись з завданням на роботу.
3. Зробити ескізи виливка та складеної ливарної форми.
4. Виготовити ливарну форму у двох опоках за роз'ємною моделлю.
5. Залити форму, вибити та очистити виливок.
6. Зробити аналіз якості виливка. За наявності дефектів встановити причину браку та міри щодо його усунення.
7. Скласти звіт про роботу.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ ПРО РОБОТУ

1. Назва роботи та її мета.
2. Коротке викладення основних відомостей про ливарне виробництво: суть, основні етапи виготовлення виливків, сфера застосування, переваги та недоліки лиття в піщано-глинисті форми.
3. Ескізи виливка, моделі, стержневого ящика, стержня, складеної форми.
4. Викладення послідовності виготовлення ливарної форми.
5. Результати контролю виливка, аналіз причин браку.
6. Висновки по роботі.

8 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Матеріали для виготовлення формових сумішей.
2. Вимоги до формових та стержневих сумішей.
3. Склад модельних комплектів для ручного формування.
4. Технологія ручного формування у двох опоках за роз'ємною моделлю.
5. Призначення ливникових систем та їх складові частини.
6. Види браку виливків та їх причини.
7. Дефекти виливків і причини, що їх викликають.
8. Сфери застосування лиття в піщано-глинисті форми.
9. Переваги і недоліки виготовлення заготовок литтям в піщано-глинисті форми.
10. Якість заготовок, одержаних литтям в піщано-глинисті форми.

Лабораторна робота № 3

Лиття в металеві форми

Мета роботи – вивчити суть, особливості і призначення лиття в металеві форми (кокілі), технологію отримання виливків цим методом та оцінити їх якість.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Литтям в кокіль (metal mould) називають процес отримання фасонних виливків шляхом заливання розплаву вільним струменем в металеві форми. Цей спосіб лиття є досить прогресивним, він забезпечує високу якість і економічний ефект в умовах великосерійного виробництва. Спосіб застосовується для отримання виливків з різних сплавів, але особливо широко з кольорових, головним чином з алюмінієвих.

Порівняно з литтям в піщано-глинисті форми лиття в кокіль має досить суттєві переваги: багаторазове використання форм; збільшення в 2...4 рази ефективності використання виробничих площ; зменшення обсягу обробки різанням внаслідок зменшення припусків на обробку; зменшення кількості браку; зменшення витрат стержневої суміші і виключення з використання формової суміші; збільшення як точності виливків, так і механічних властивостей литого металу; скорочення циклу виготовлення виливків. Все це сприяє зменшенню собівартості кокільних виливків на 10...15% в умовах великосерійного виробництва.

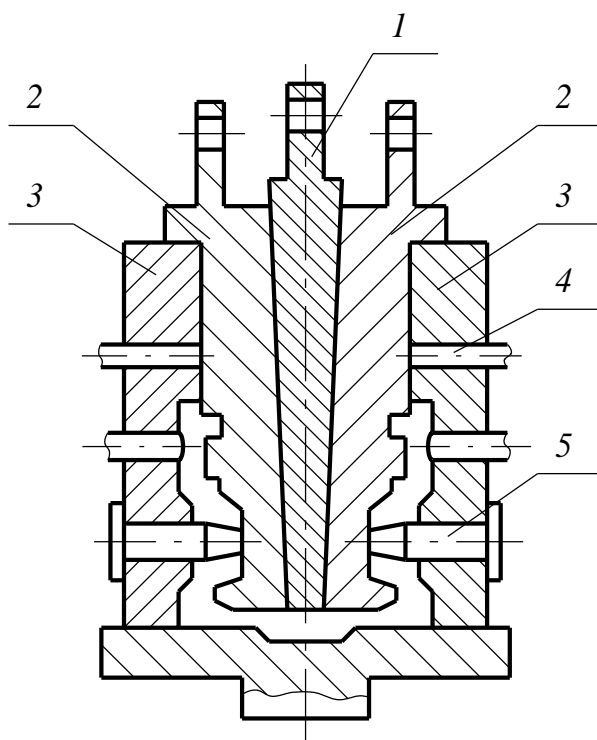


Рисунок 12 – Кокіль для виготовлення алюмінієвих автомобільних поршнів

Кокілі мають і недоліки: відсутність податливості і газопроникності; швидке охолодження розплаву під час заливання сприяє зниженню рідко-текучості і поганому заповненню форми; висока вартість кокілів; низька стійкість у випадку лиття чавунних та сталевих виливків внаслідок високої температури заливки розплаву; утворення вибілу на чавунних виливках, що призводить до необхідності допоміжної операції – відпалу.

Головна особливість кокілів – велика швидкість охолодження а, значить, і кристалізації залитого розплаву, зумовлена високим коефіцієнтом теплопровідності матеріалу форми, що суттєво впливає на структуру і властивості сплаву, а, значить, і на якість виливків. Однак швидкість охолодження у деяких межах можна регулювати нанесенням на робочу поверхню форми спеціальних покриттів, а також зміною температури форми.

Кокілі використовують переважно для виготовлення дрібних і середніх за вагою та розмірами виливків.

1.1 Конструкція кокілів

Конструкція кокілю зумовлена конфігурацією виливка, розташуванням його у формі та умовами цього виробництва. До основних елементів кокілю відносять матриці (частина самої форми) і стержні. Переріз кокілю може бути вертикальним, горизонтальним, складним (переріз у кількох площинах). Для дуже простих виливків кокіль може бути суцільним.

Порожнини виливків утворюють стержнями, які можуть бути із стержневої суміші або металевими.

Металеві стержні використовують у випадках, коли порожнини простої форми – циліндричні або конічні, щоб стержень можна було легко видалити з виливка. Складні металеві стержні для зручності їх видалення з виливка роблять складаними. До таких, наприклад, відносять внутрішній стержень для поршня автомобільного двигуна з алюмінієвого сплаву (рис. 12). Цей стержень складається з трьох частин: однієї внутрішньої (клиноподібної) 1 та двох бокових 2. Спочатку після заливання форми виймають внутрішню частину 1, потім почергово видаляють бокові, пересуваючи їх до центра за допомогою штовхачів 4 і витягуючи вгору. Після цього виймають стержні 5, розсуваються стінки форми 3 і видаляється вилівок.

1.2 Покриття і облицювання (*facing*)

Для захисту поверхні кокілю від дії розплаву, регулювання швидкості охолодження виливка і покращення заповнюваності форми на робочу поверхню кокілю, металевих стержнів і ливникової системи наносять покриття спеціального складу. Змінюючи теплопровідність покриття введенням в його склад речовин з різною теплопровідністю і змінюючи товщину його шару, можна зменшувати або збільшувати швидкість охолодження розплаву, тобто керувати певною мірою швидкістю затвердіння виливка. Це має велике значення під час виготовлення виливків з чавуну, схильного до вибілу у разі збільшення швидкості охолодження.

Покриття складають звичайно з кількох компонентів, кожний з яких виконує відповідне призначення: слугує розчинником (вода), скріплювачем (рідке скло), наповнювачем (пиловидний кварц, графіт, тальк, крейда, азбест). Товщина шару покриття різна: від часток міліметра (фарбування) до 5 (облицювання)...10 мм (футерування).

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Засвоїти мету роботи.
2. Вивчити загальні відомості про лиття в кокіль.
3. Вивчити будову лабораторних кокілів: суцільного, роз'ємного ручного та механізованого. Виконати їх ескізи.
4. Підготувати кокілі до роботи, вибравши раціональний спосіб залежно від розплаву.
5. Залити кокілі розплавом.
6. Оглянути виливки та зробити аналіз їх якості.
7. Зробити ескізи виливків.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва лабораторної роботи та її мета.
2. Коротке викладення загальних відомостей про лиття в кокіль.
3. Послідовність виготовлення виливків в кокілях.
4. Ескізи виливків та кокілів.
5. Аналіз якості виливків.
6. Висновки про роботу.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Суть способу лиття в кокіль.
2. Типи кокілів.
3. Переваги та недоліки лиття в кокіль.
4. Які проблеми виникають під час лиття в кокіль чавунних та сталевих виливків?
5. Чому під час виготовлення сталевих виливків в кокілях обмежуються відносно простими за формою та невеликими за вагою і розмірами виливками?
6. З якою метою на робочі поверхні кокілів наносять покриття?
7. Які компоненти входять до складу покриття?
8. Чому в процесі виготовлення кокільних виливків, наприклад, з кольорових сплавів покращуються їхні механічні властивості?

Лабораторна робота № 4

Відцентрове лиття

Мета роботи – вивчити суть, особливості і призначення відцентрового лиття (*centrifugal casting*), засвоїти технологію отримання виливків цим способом.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Суть відцентрового лиття полягає в тому, що розплав заливається у форму, яка обертається. Форма заповнюється розплавом під дією відцентрової сили, яка діє на розплав також і в період його затвердіння. Завдяки дії відцентрової сили з розплаву видаляються різноманітні неметалеві включення (бульбашки повітря, шлак тощо), які, маючи набагато меншу щільність ніж метал, зосереджуються біля внутрішньої поверхні виливка і видаляються під час обробки різанням, для чого припуск на обробку внутрішньої поверхні призначається більшим, ніж зовнішньої.

Форма може обертатися навколо вертикальної, горизонтальної, інколи – навколо похилої осі. Розташування осі обертання вибирають залежно від співвідношення висоти і діаметра виливка. Деталі, що мають висоту, яка в декілька разів перевищує діаметр (втулки, гільзи, труби тощо), отримують на машинах з горизонтальною віссю обертання (рис. 13, б). Виливки більшого діаметра і малої висоти одержують на машинах з вертикальною віссю обертання (рис. 13, а).

Відцентровий спосіб лиття можна застосувати і для виготовлення фасонних виливків, які не є тілами обертання у тих випадках, коли рідкоплинність сплаву невисока. В цьому випадку метал, що заливається в центральний ливник, під час обертання відкидається в периферійні зони форми, з'єднані з центральним ливником живильником (рис. 13, в). Відцентрову силу використовують для компенсації низької рідкотекучості сплаву за для заповнення усієї форми розплавом. Такий метод відцентрового лиття (коли вісь обертання форми не збігається з геометричною віссю деталей, що відливаються) називається центрифугуванням (*cenrifugation*).

Частоту обертання форми рекомендується визначати за формулою:

$$n = \frac{5520}{\sqrt{\rho \cdot r_2}},$$

де 5520 – коефіцієнт, постійний для всіх сплавів;

ρ – густина металу, г/см³;

r_2 – внутрішній радіус циліндра, м.

Частоту обертання форм під час лиття фасонних виливків центрифугуванням можна визначити за формулою:

$$n = v 30 / (\pi r),$$

де v – колова швидкість точки виливка, найбільш віддаленої від осі обертання, береться 3...5 м/с;

r – відстань від осі обертання до найбільш віддаленої точки виливка, м.

Відцентровий спосіб лиття має ряд переваг: одержувані виливки не мають усадкових і газових раковин, не засмічені шлаком, оксидами та іншими неметалевими включеннями; висока продуктивність праці; відсутність стержнів і робіт, пов'язаних з їх виготовленням. Відцентрове лиття не обмежується ні масштабом виробництва, ні родом сплаву, ні матеріалом форми.

Відцентрове лиття виконують зазвичай у чавунних або сталевих формах: без облицювання, з облицюванням, футерованих формовою сумішшю, футерованих сухим піском, фосфоритною мукою.

Як облицювання використовуються такі ж фарби, як і за лиття в кокіль, товщиною 0.5...0.7 мм.

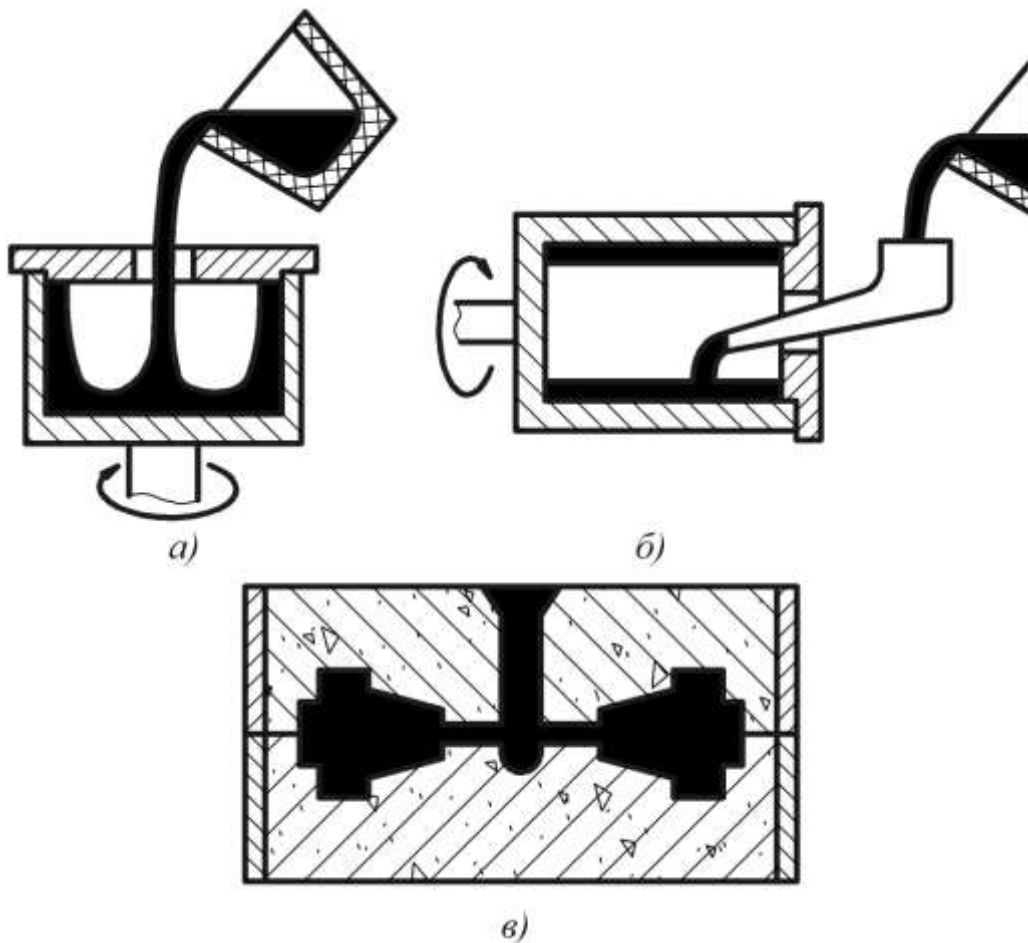


Рисунок 13 – Відцентрові установки з вертикальною – а), горизонтальною – б) осями обертання та для лиття центрифугуванням – в)

Відцентровий спосіб лиття має ряд переваг:

- велика густина виливків внаслідок малої кількості міжкристалічних порожнин усадкового і газового походження;
- менші витрати металу через відсутність ливникової системи або зниження маси виливків;
- виключення витрат на виготовлення стержнів для забезпечення порожнин в циліндричних виливках;
- покращення заповнення форми металом;

Недоліки:

- важко виготовити виливки із сплавів, що схильні до ліквідації;
- неточність діаметра порожнини виливка;
- забруднення вільної внутрішньої поверхні виливків ліквідами та неметалевими включеннями, а у товстостінних виливків ця поверхня може мати пористість
- для виготовлення виливків потрібні спеціальні машини;
- ливарні форми дорогі, потрібно, щоб вони мали високу міцність і герметичність з огляду на підвищений тиск металу.

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити загальні відомості про відцентрове лиття: суть, призначення, можливості тощо.
2. Вивчити будову лабораторної установки для відцентрового лиття.
3. Підготувати установку до роботи.
4. Залити форму розплавом.
5. Зробити ескіз виливка та аналіз його якості.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва лабораторної роботи та її мета.
2. Коротке викладення загальних відомостей про відцентрове лиття.
3. Опис лабораторної установки з ескізом.
4. Ескіз виливка. Аналіз його якості.
5. Висновки про роботу.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Суть відцентрового лиття.
2. Типи машин для відцентрового лиття.
3. Можливості відцентрового лиття та його переваги.
4. За рахунок чого збільшується продуктивність праці у випадку відцентрового лиття?
5. Чому за відцентрового лиття збільшується коефіцієнт використання металу?
6. Як впливає відцентрова сила на якість металу?

Лабораторна робота № 5

Листове штампування

Мета роботи – вивчення суті, обладнання, інструменту та операцій листового штампування.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Листовим штампуванням називають метод виготовлення плоских і об'ємних тонкостінних деталей з листового, стрічкового і штабового матеріалу. Товщина вихідної заготовки звичайно не перевищує 5 мм (в окремих випадках більше 5 мм, у цьому випадку застосовується гаряче листове штампування). Матеріалом для штампування є сталь і сплави кольорових металів.

Широке застосування листового штампування в промисловості пояснюється рядом його позитивних якостей: 1) високою продуктивністю (до 30...90 тис. деталей за зміну); 2) можливістю використання низькокваліфікованої робочої сили; 3) точністю деталей, що забезпечує їх взаємозамінність і виключає у більшості випадків наступну механічну обробку; 4) сприятливими умовами для автоматизації процесу.

На вітчизняних заводах штампуванням з листового матеріалу виготовляють близько 60% автомобільних деталей, наприклад, кузов автомобіля, раму, крила, щитки, деталі радіатора, фари, диски коліс тощо.

Технологічні операції листового штампування можна поділити на дві групи: роздільні і формозмінні.

1.1 Роздільні операції

Ці операції пов'язані з відокремленням однієї частини матеріалу від іншої по замкнутому або незамкнутому контуру. До них відносяться:

1.1.1 Відрізання – розділення заготовки на частини за допомогою ножів або штампа. Його найчастіше застосовують як заготовчу операцію (різання заготовки). Ця операція виконується на ножицях з поступальним рухом різальних кромek ножів (гільйотинних) – рис. 14, *а*); обертовим (дискових) – рис. 14, *б*); а також на відрізних штампах.

1.1.2 Вирізування (вирубання) – повне відокремлення матеріалу по замкнутому контуру. Частина, що відокремлюється, є виробом (рис. 15, *а*).

1.1.3 Пробивання – операція отримання в деталі наскрізного отвору (рис. 15, *б*). Операції вирізування та пробивання виконуються за допомогою штампів (див. рис. 19). Головними робочими деталями штампів є пуансон 1 і матриця 2 (рис. 15), які працюють як ножі замкнутої форми. Зазор δ між пуансоном та матрицею, що дорівнює $(0,05..0,1)S$, де S – товщина вихідної заготовки, забезпечується за рахунок зменшення діаметра пуансона під час вирізання (вирубання) і за рахунок збільшення діаметра матриці у випадку пробивання.

1.1.4 Надрізання – операція часткового відокремлення матеріалу по незамкнутому контуру без видалення залишків, тобто без відходів (рис. 15, в).

1.2 Формозмінні операції (рис. 16)

Формозмінними операціями називають такі операції, коли плоска або порожниста заготовка перетворюється в просторову деталь потрібних форми та розмірів. До них належать:

1.2.1 *Витягання* – процес одержання порожнистих виробів з плоскої листової заготовки. Витяганням виготовляють кузови і гальмові барабани автомобілів, каструлі, гільзи тощо.

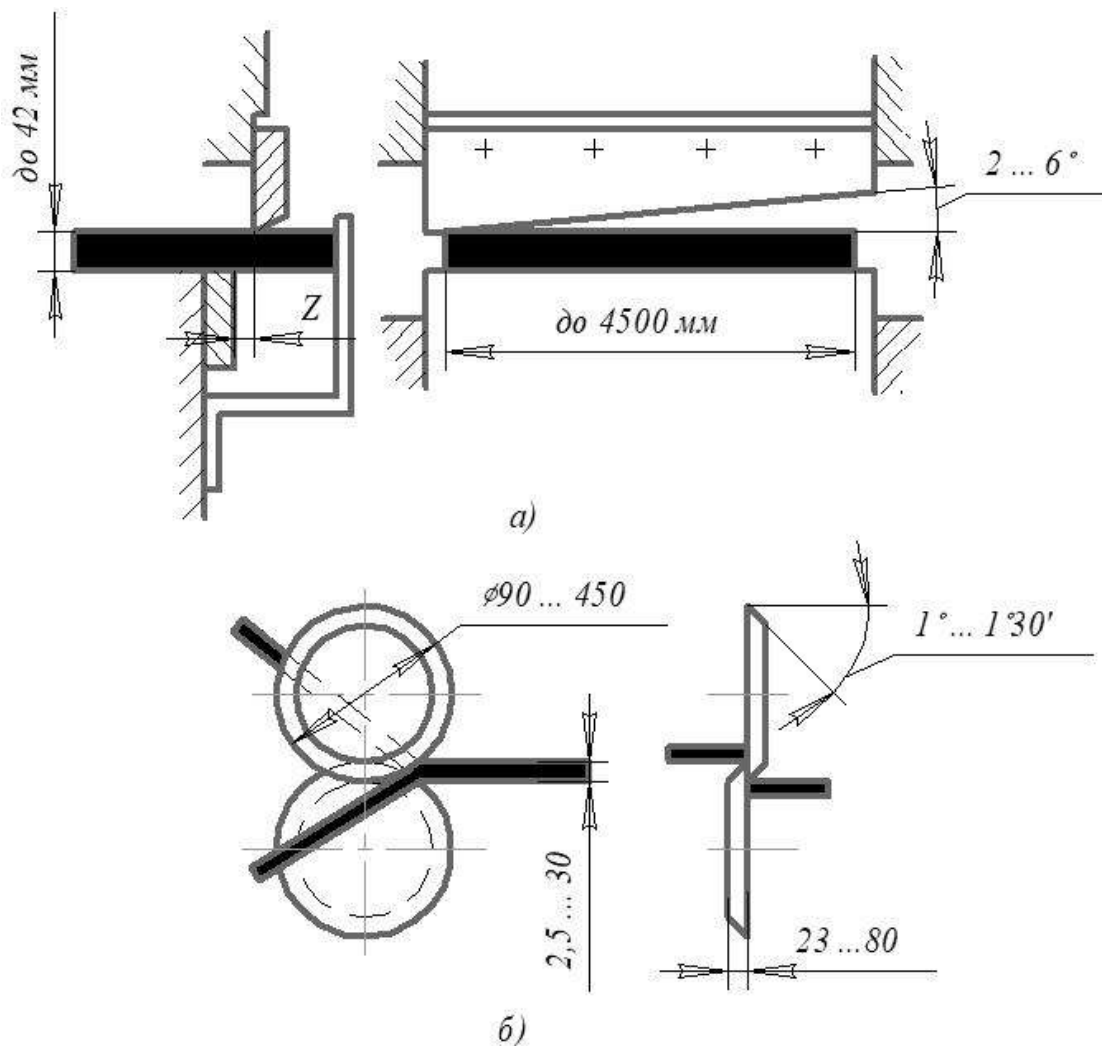


Рисунок 14 – Розрізання листового матеріалу на ножицях:
а) – гільйотинних, б) – дискових

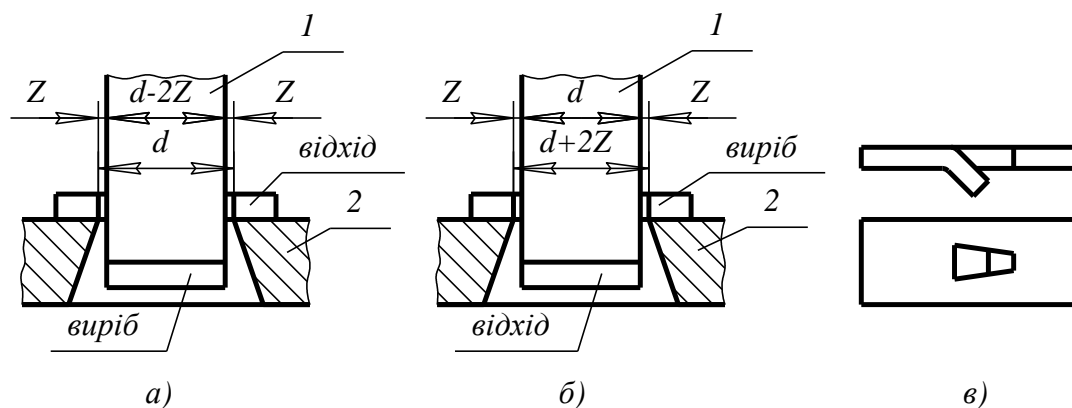


Рисунок 15 – Схеми роздільних операцій:
 а) – вирізування; б) – пробивання; в) – надрізання

1.2.1.1 Витягання без стоншування стінки. Неглибокі деталі простої форми витягають за один перехід. Деталі більшої глибини, а також складної форми витягають за кілька послідовних переходів. Під час багаторазового витягання діаметр деталі зменшується з кожним переходом, а глибина збільшується.

На рис. 16, а) показано схему витягання чашечки діаметром d_1 з вихідної заготовки діаметром D . На рис. 16, б) показано схему другого переходу для одержання чашечки діаметром d_2 .

Відношення зовнішнього діаметра одержаної деталі до діаметра вихідної заготовки називається коефіцієнтом витяжки K . Для практичних розрахунків заготовок із сталі і сплавів кольорових металів користуються такими значеннями коефіцієнтів витяжки: для першого переходу $K = d/D = 0,5 \dots 0,7$; для другого і наступних *переходів* $K_2 = K_3 = \dots = K_n = d_1/d_2 = \dots = d_n/d_{n-1} = 0,75 \dots 0,90$.

Зазор між пуансоном і матрицею Z має бути таким, щоб заготовку можна було втягнути в цей зазор. Звичайно вибирають $Z = (1,2 \dots 1,3)S$, а для останнього переходу витяжки $Z = 1,1S$.

1.2.1.2 Витягання зі стоншуванням стінки (редукування) є додатковою операцією, яка застосовується для стоншування бічних стінок попередньо витягнутої деталі.

Це досягається тим, що зазор між пуансоном і матрицею беруть меншим, ніж товщина стінки вихідної заготовки, а робочий отвір матриці у верхній частині виконують конічним (рис. 16, в). За рахунок стоншування бічних стінок з розміру S_0 до S_1 збільшується висота деталі. Зменшення товщини стінки, що допускається за один перехід, має дорівнювати 40...60%.

1.2.2 *Згинання* – операція, яка змінює напрямлення осі деталі. Під час згинання формозміна обмежується мінімальним радіусом інструмента R в

зоні згинання. Залежно від пластичних властивостей металу радіус R вибирається таким, що дорівнює $0,1 \dots 0,2$ товщини заготовки (рис. 16, з).

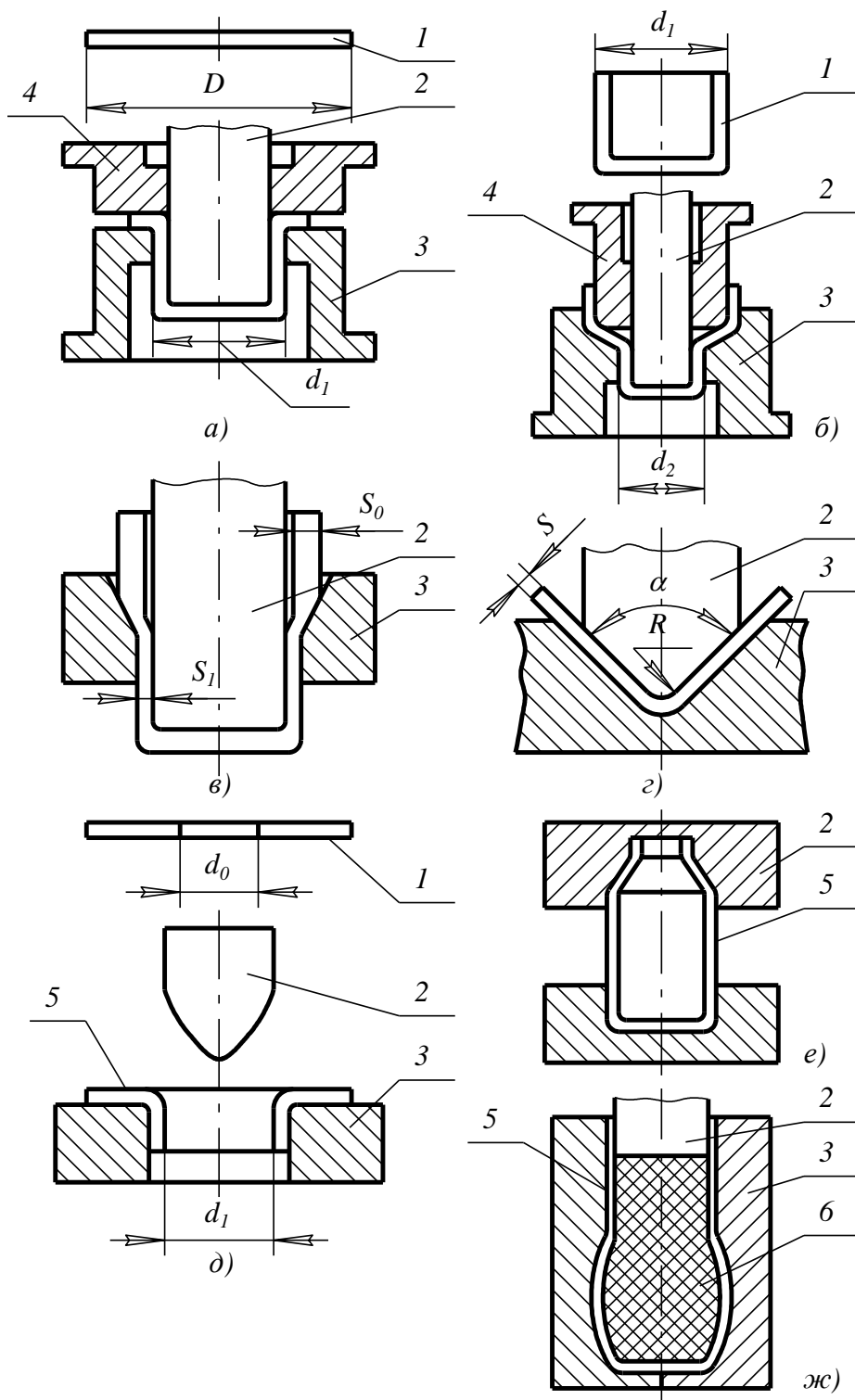


Рисунок 16 – Формозмінні операції листового штампування:
 1 – вихідна заготовка; 2 – пуансон; 3 – матриця; 4 – притискувач;
 5 – виріб; б – гумовий вкладиш. а), б) – витягання; в) – редукування;
 г) – згинання; д) – розбортування; е) – обтискання; ж) – формування

1.2.3 *Розбортування* – полягає в утворенні борта в заготовці з попередньо пробитим отвором. Розбортуванням можна одержати порожнисті заклепки, фланці, люки в днищах котлів та ін. (рис. 16, *д*). Коефіцієнт розбортування K дорівнює відношенню діаметра отвору вихідної заготовки d_0 до діаметра борта d_1 . Допустиме без руйнування значення $K_p = 0,45 \dots 0,65$.

1.2.4 *Обтискання* – являє собою місцеве зменшення поперечного перерізу порожнистого виробу, одержаного витяганням (рис. 16, *е*). Величина обтискання за один перехід становить 20...30%.

1.2.5 *Формування* – операція, яка виконується з метою одержання остаточного профілю (форми) чи більш точних розмірів попередньо витягнутого виробу.

Прикладом формування є одержання на виробках різного роду опуклостей, западин, орнаментів, ребер жорсткості та ін. Різновидом формування є випинання – формування зсередини, коли опуклості одержують за рахунок тиску зсередини гуми або рідини. На рис. 16, *ж*) показано випинання попередньо витягнутого виробу за допомогою гумового вкладиша δ , на який тисне зверху пуансон. Штамп для випинання має роз'ємну матрицю, що дає можливість вийняти з нього готову деталь.

1.3 Визначення придатності матеріалу до листового штампування

Якість матеріалу, призначеного для штампування, має задовольняти вимоги, зумовлені не тільки призначенням і умовами роботи виробу, але і технологією штампування.

Здатність матеріалу до операцій листового штампування оцінюють за його механічними властивостями, а також за допомогою спеціальних технологічних проб. Для формозмінних операцій – це випробування на згинання та видавлювання (див. лаб. роботу № 1).

1.4 Обладнання для листового штампування

Більшість листоштампувальних робіт виконуються на кривошипних механічних пресах. Їм властива надійність в роботі, економічність і простота в керуванні. На рис. 17 наведено схему такого преса.

1.5 Інструмент для листового штампування

Інструментом для листового штампування є штамп, який складається з технологічних (робочих) і конструктивних деталей (блока). Перші безпосередньо забезпечують виконання технологічних операцій. До них відносяться пуансони, матриці, притискувачі, виштовхувачі, напрямні планки та інші.

Другі слугують для з'єднання всіх деталей штампа в загальну конструкцію і для закріплення штампа в пресі. Це верхня і нижня плити, хвостовик, напрямні колонки, скріплювальні деталі.

За технологічними ознаками штампи поділяються на штампи простої, суміщеної та послідовної дії.

Штампи простої дії призначені для виконання однієї або кількох однойменних технологічних операцій на одній позиції за один хід рухомої частини штампа.

В штампі суміщеної дії за один хід рухомої частини штампа виконуються різнойменні технологічні операції або технологічні переходи, наприклад, вирубка та витяжка.

Штампи послідовної дії призначені для кількох технологічних операцій або технологічних переходів на кількох позиціях за відповідне число ходів рухомої частини штампа.

На рис. 18 показано штамп простої дії для вирубки кружків. Нижня частина штампа болтами прикріплюється до стола преса. До нижньої плити 6 за допомогою матрицетримача 7 і гвинтів прикріплюється матриця 5. На матрицю кладуть дві напрямні пластини 10, а на них – знімач 12. У нижній плиті 6 закріплено дві напрямні колонки 8. Верхня половина штампа змонтована на верхній плиті 2, за допомогою пуансонотримача 3 до неї прикріплений пуансон 1. Хвостовик 4 слугує для прикріплення верхньої половини штампа до повзуна преса. Верхня плита 2 має дві втулки 9 для напрямних колонок.

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити суть, операції, обладнання і інструмент для листового штампування.
2. Виконати завдання згідно з таблицею 1. Номер завдання відповідає порядковому номеру прізвища здобувача у журналі викладача.
3. Виконати штампування на пресі під керівництвом майстра.
4. Скласти звіт про роботу.

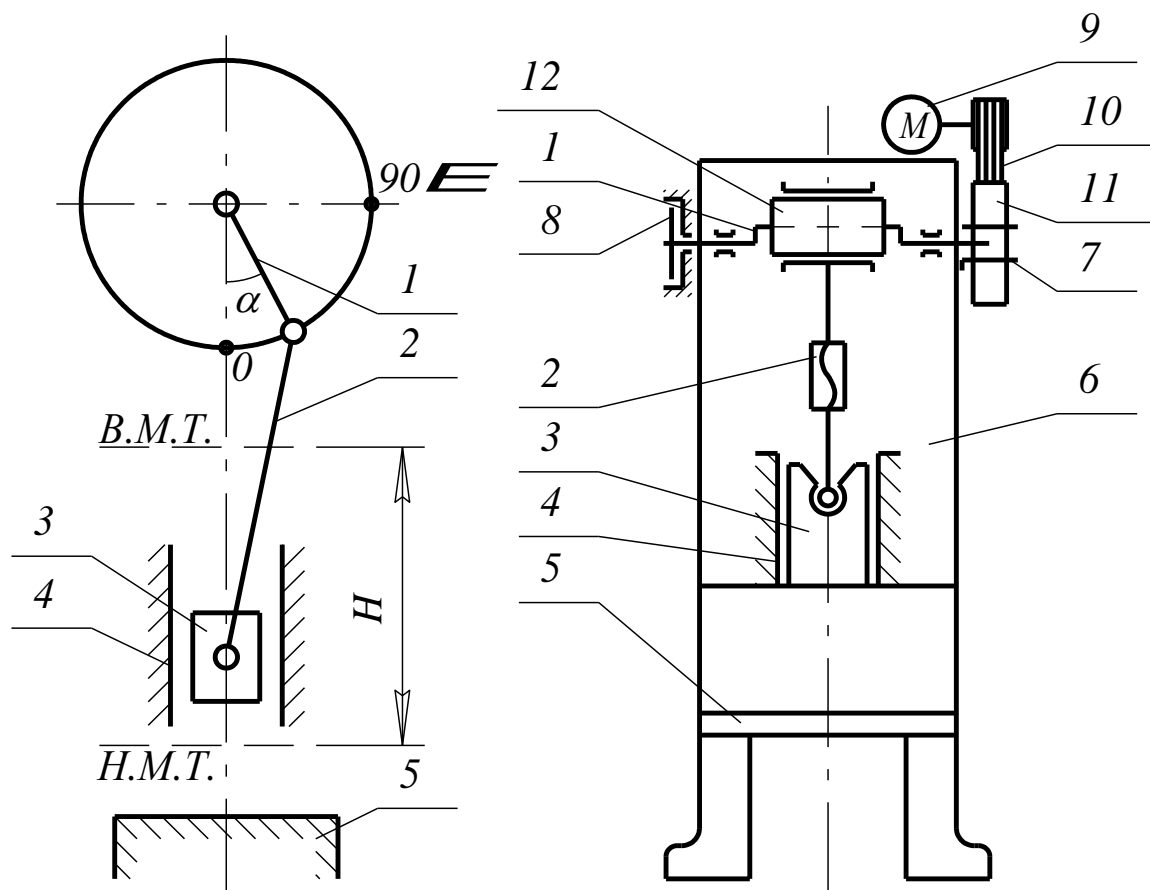


Рисунок 17 – Однокривошипний механічний прес:

- 1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – повзун; 4 – напрямні повзуна; 5 – стіл;
 6 – станина; 7 – муфта включення кривошипа; 8 – гальмо;
 9 – електродвигун; 10 – пасова передача; 11 – маховик;
 12 – ексцентрикова втулка для регулювання величини ходу повзуна

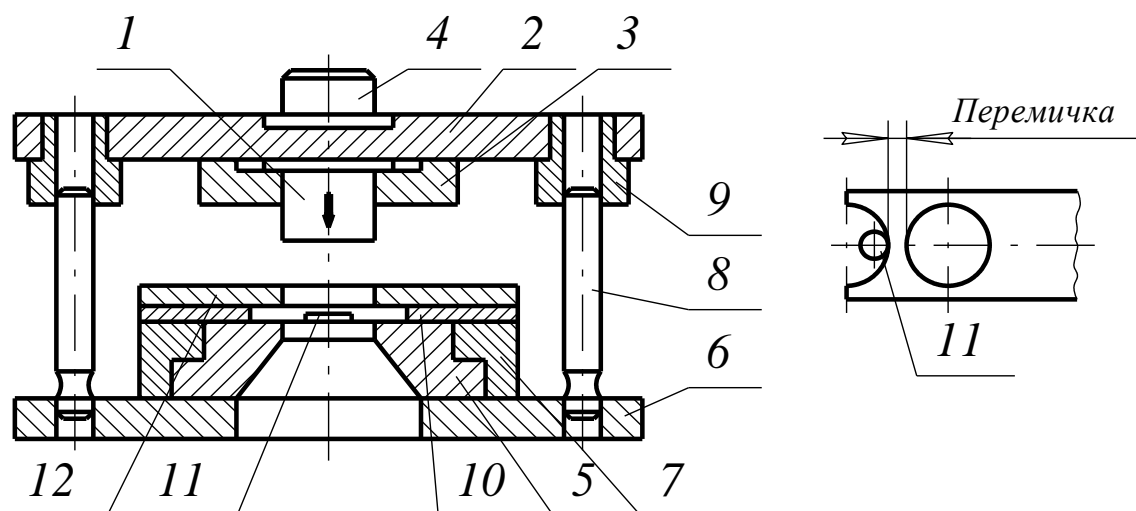


Рисунок 18 – Штамп простої дії

- 1 – пуансон; 2 – верхня плита; 3 – пуансотримач; 4 – хвостовик;
 5 – матриця; 6 – нижня плита; 7 – матрицетримач; 8 – напрямні;
 9 – напрямні втулки; 10 – штаба; 11 – фіксатор; 12 – знімач

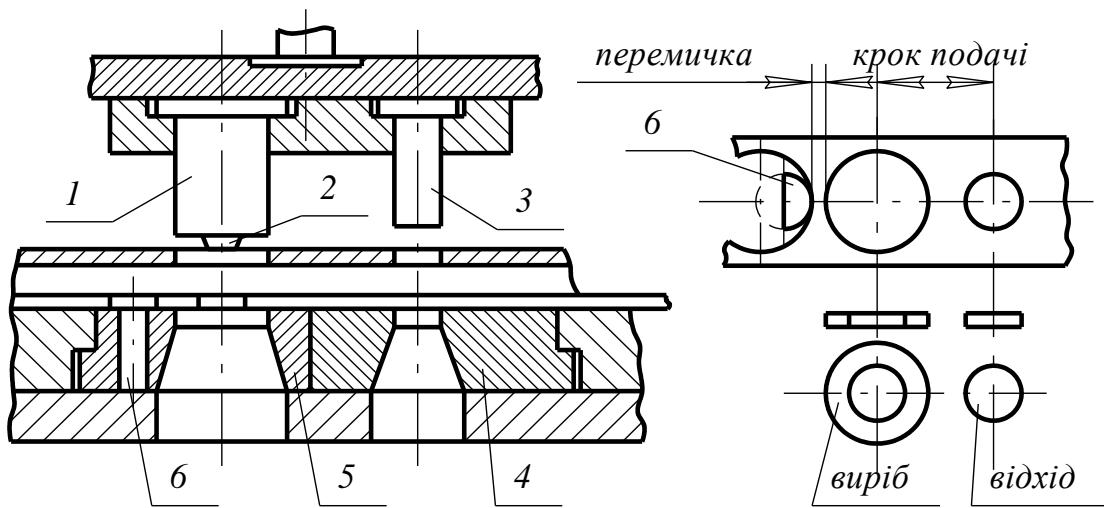


Рисунок 19 – Штaмп послiдовної дiї:
 1 – пуансон вирубкн; 2 – фiксатор; 3 – пуансон пробивкн;
 4 – матриця пробивкн; 5 – матриця вирубкн

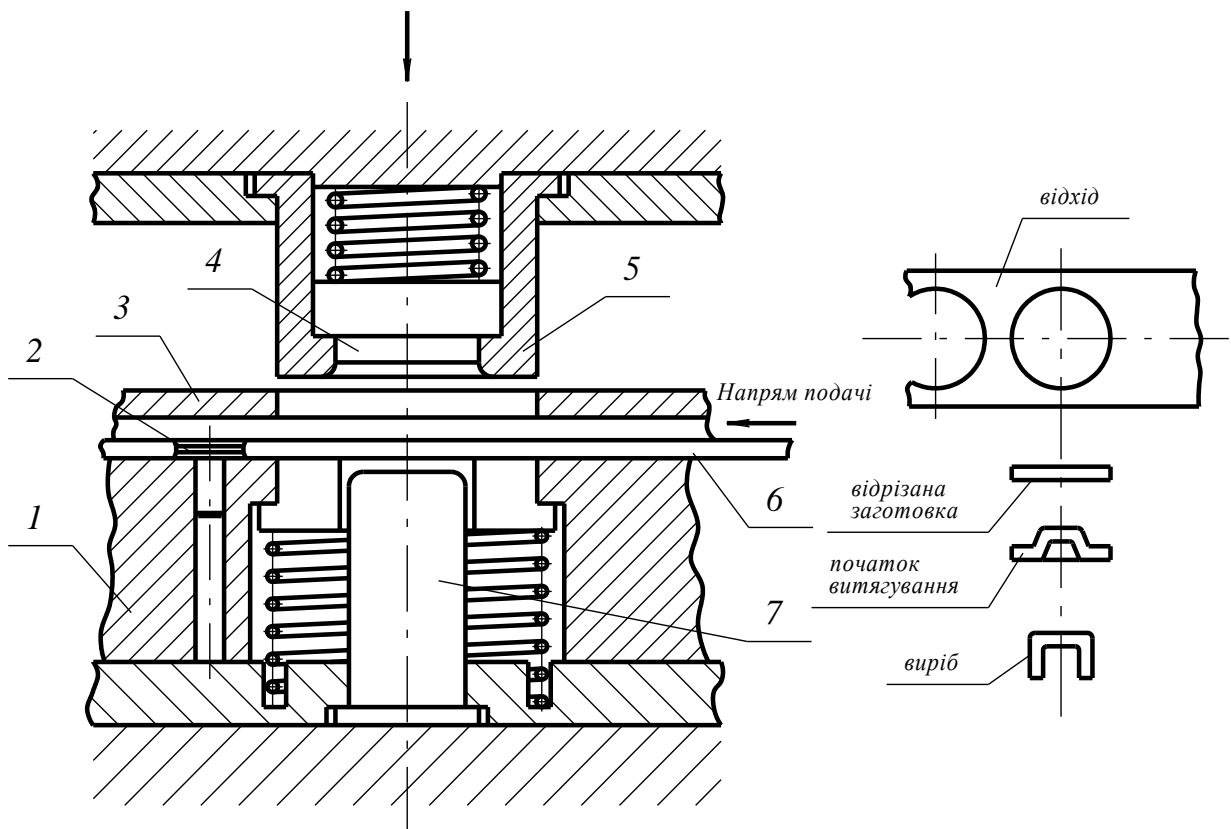
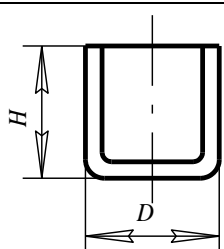
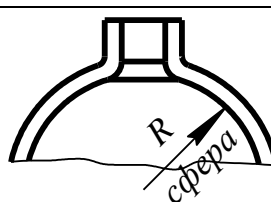
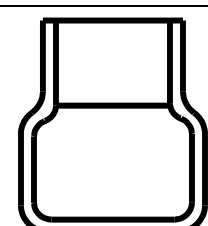


Рисунок 20 – Штaмп сумiщеної дiї:
 1 – матриця вирубкн; 2 – упор; 3 – знимач; 4 – виштовхувач;
 5 – пуансон вирубкн i матриця витяжки; 6 – штаба; 7 – пуансон витяжки

Таблиця 7 – Варіанти завдань

| Ескіз деталі | | розміри | | Завдання |
|--------------|--|---------|-----|--|
| | | D | H | |
| 1 |  | 300 | 200 | Визначити кількість переходів, потрібних для виготовлення деталі |
| 2 | | 300 | 100 | |
| 3 | | 200 | 100 | |
| 4 | | 200 | 50 | |
| 5 | | 100 | 100 | |
| 6 | | 100 | 50 | |
| 7 |  | | | Визначити, які операції потрібні для виготовлення деталі |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 |  | | | Визначити операції, потрібні для виготовлення деталі |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Короткі теоретичні відомості про листове штампування.
2. Необхідні схеми та розрахунки, потрібні для виконання індивідуального завдання згідно з таблицею 7.
3. Схема штампа, з допомогою якого проводилась практична робота та ескіз виготовленої деталі.
4. Висновки про роботу.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як перевіряють здатність матеріалу до листового штампування?
2. Які операції відносяться до роздільних, формозмінних?
3. Яке обладнання використовується для листового штампування?
4. Інструмент для листового штампування.
5. Типи штампів.
6. Суть листового штампування.

Лабораторна робота № 6

Ручне дугове зварювання металів

Мета роботи – вивчення фізичної суті дугового зварювання, технології, обладнання та матеріалів для ручного дугового зварювання, виконання розрахунків режиму зварювання, отримання практичних навичок виконання найпростіших електрозварювальних робіт.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Електричне дугове зварювання – це процес з'єднання металевих заготовок шляхом розплавлення їх кромek теплом електричної дуги з наступною сумісною кристалізацією розплавленого металу.

1.1 Джерела зварювального струму

Для дугового зварювання застосовують як постійний, так і змінний струм. Джерелами постійного струму слугують зварювальні генератори постійного струму і зварювальні випрямлячі.

Під час зварювання змінним струмом використовують переважно зварювальні трансформатори. Оскільки режим дугового зварювання характеризується частими короткими замиканнями, то для обмеження струму короткого замикання джерела струму у більшості випадків мають так звану падаючу зовнішню характеристику.

Зовнішньою характеристикою називається залежність між напругою U на затискачах джерела струму і струмом навантаження I . Падаючою ж характеристикою називається такий характер цієї залежності, коли зі збільшенням струму навантаження напруга на клеммах джерела струму знижується.

На рис. 21 показано два види зовнішніх характеристик: жорсткої 1 і падаючої 2. Жорстку характеристику звичайно мають джерела струму, призначені для силових або освітлювальних навантажень. Напруга у таких джерел під час зміни струму навантаження залишається постійною.

Якщо ж джерело струму має падаючу зовнішню характеристику, то зі збільшенням струму навантаження напруга на затискачах джерела струму спадатиме і це приведе до обмеження струму короткого замикання.

Падаючу зовнішню характеристику зварювального трансформатора отримуємо за рахунок того, що послідовно з дугою і вторинною обмоткою трансформатора вмикають так звану дросельну або реактивну обмотку. Під час проходження зварного струму у витках дросельної обмотки індукується е.р.с. (електрорушійна сила) самоіндукції, яка має напрям, протилежний основній е.р.с. трансформатора. Тому напруга, підведена до дуги, знижується від значення холостого ходу (55...80 В) до 15...45 В під час горіння дуги і майже до нуля за короткого замикання.

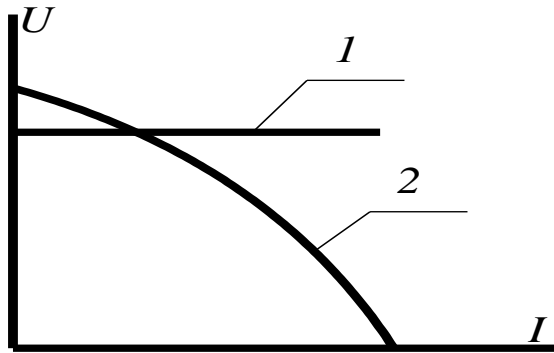


Рисунок 21 – Зовнішні характеристики джерел струму:
1 – жорстка, 2 – спадна

Є кілька схем вмикання дросельної обмотки з трансформаторними обмотками (рис. 22). У випадку першої схеми (рис. 22, а) первинна I і вторинна II обмотки знижувального однофазного трансформатора розташовані на залізнму сердечнику 1, а дросельна обмотка III – на сердечнику 2, які є двома окремо виконаними апаратами.

У разі другої схеми вмикання (рис. 22, б) трансформаторні (I – II) і дросельна (III) обмотки розташовані на спільному залізнму сердечнику і являють собою один апарат. Причому та частина сердечника, на якій розміщені обмотки I і II, є власне трансформатором, а частина, на якій розташована обмотка III – дроселем. Сила зварювального струму регулюється зміною повітряного зазора «С».

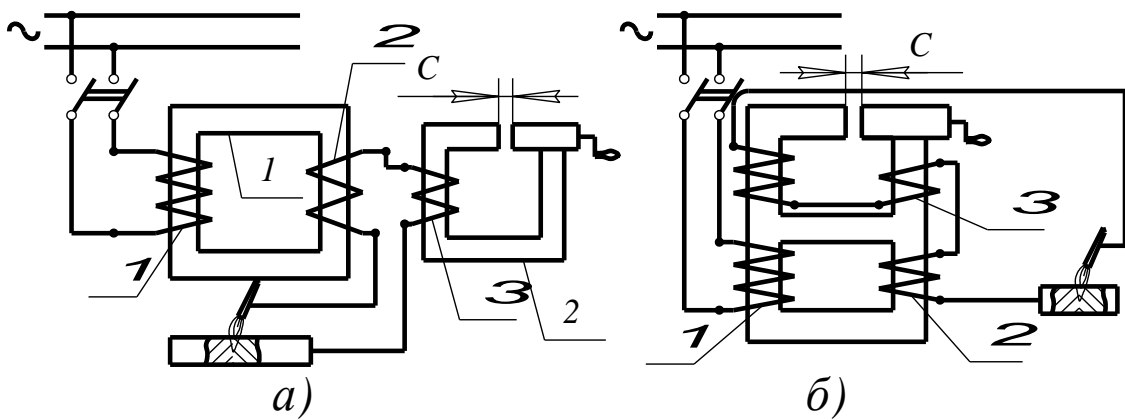


Рисунок 22 – Схеми зварювальних трансформаторів:
I – первинна обмотка, II – вторинна обмотка, III – дросельна обмотка.
1 – сердечник трансформатора; 2 – сердечник дроселя

1.2 Електроди для ручного дугового зварювання

Для ручного дугового зварювання використовують електроди, що розплавляються, і електроди, що не розплавляються. Найчастіше зварювання проводять електродом, що розплавляється. Їх виготовляють із сталевого зварювального дроту у вигляді стержнів діаметром від 1 до 12 мм (у більшості випадків до 6 мм) і довжиною від 150 до 450 мм, на які нанесено

покриття. Електроди класифікують за такими ознаками: матеріалом, з якого вони виготовлені; призначенням для зварювання відповідних сталей; товщиною покриття, нанесеного на стержень; видом покриття; характером шлаку, який утворюється під час розплавлення покриття; технічними властивостями металу шва; просторовими положеннями зварювання, родом та полярністю зварювального струму.

Застосування електродів має забезпечувати такі технологічні умови: легке запалювання і стійке горіння дуги; рівномірне розплавлення покриття; рівномірне покриття шва шлаком; легке відокремлення шлаку після зварювання; відсутність непроварів, пор, тріщин та інших дефектів в металі шва.

Покриття на електроді виконує такі функції:

- забезпечує стабільне горіння дуги за рахунок зниження потенціалу іонізації повітряного простору між електродом і деталлю, що зварюється. Для цього в покриття вводяться крейда, мармур, силікати натрію і калію, поташ;

- забезпечує газовий захист дуги, зони зварювання і розплавленого металу за рахунок речовин у складі покриття, які легко розкладаються за високої температури – крохмалю, целюлози, магnezиту та ін.;

- забезпечує шлаковий захист поверхні розплавленого металу. Шлакоутворювальними компонентами покриття є марганцева руда, плавиковий шпат, рутил, мармур, крейда та ін.;

- розкислення металу зварювальної ванни. Як розкислювачі застосовують феромарганець, феросиліцій;

- легування металу шва феросплавами. Як скріплювач перерахованих компонентів звичайно використовують рідке скло (силікат натрію $Na_2O (SiO_2)_m$).

2 ТЕХНОЛОГІЯ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

2.1 Підготовка металу до зварювання

Підготовка металу до зварювання складається з правки, очистки, розмітки і збирання підготовлених деталей для зварювання. Правкою ліквідують деформацію прокатої сталі, з якої переважно і виготовляють зварні конструкції. Очищення кромки від іржі, забруднень проводять металеві щіткою, роблять це, а також сушіння вологих місць, досить ретельно, щоб запобігти утворенню в зварних швах пор, раковин, різних включень та інших дефектів. Різку під час підготовки деталей застосовують переважно термічну (вогневу). Механічне різання доцільно виконувати під час заготовлення однотипних деталей, підготовки кромки. Складені вузли і деталі з'єднують прихватками, які являють собою короткі шви з поперечним перерізом 1/3 поперечного перерізу повного шва. Довжина прихватки 20...100 мм залежно від товщини листів і довжини шва.

2.2 Підготовка кромки під зварювання

При зварюванні встик листів товщиною до 6 мм кромки не скошують (рис. 23, а). Для досягнення необхідного провару листи розташовують з зазором 2...4 мм. За товщини листів від 6 до 20 мм роблять V-подібний скіс кромки під кутом 60...70 (рис. 23, б). Біля вершини кута залишають притуплення 3...5 мм, щоб запобігти пропалу і для зменшення кількості наплавленого металу. Між листами залишають зазор 2...4 мм для покращення провару вершини шва. Для стикових швів в горизонтальному положенні звичайно роблять скіс кромки одного листа під кутом 45° (рис. 23, в). Під час зварювання листів товщиною більше 20 мм роблять Х- або К-подібну розробку (рис. 23, г, д). Для зварювання встик більших товщин роблять чашоподібну підготовку кромки (рис. 23, е).

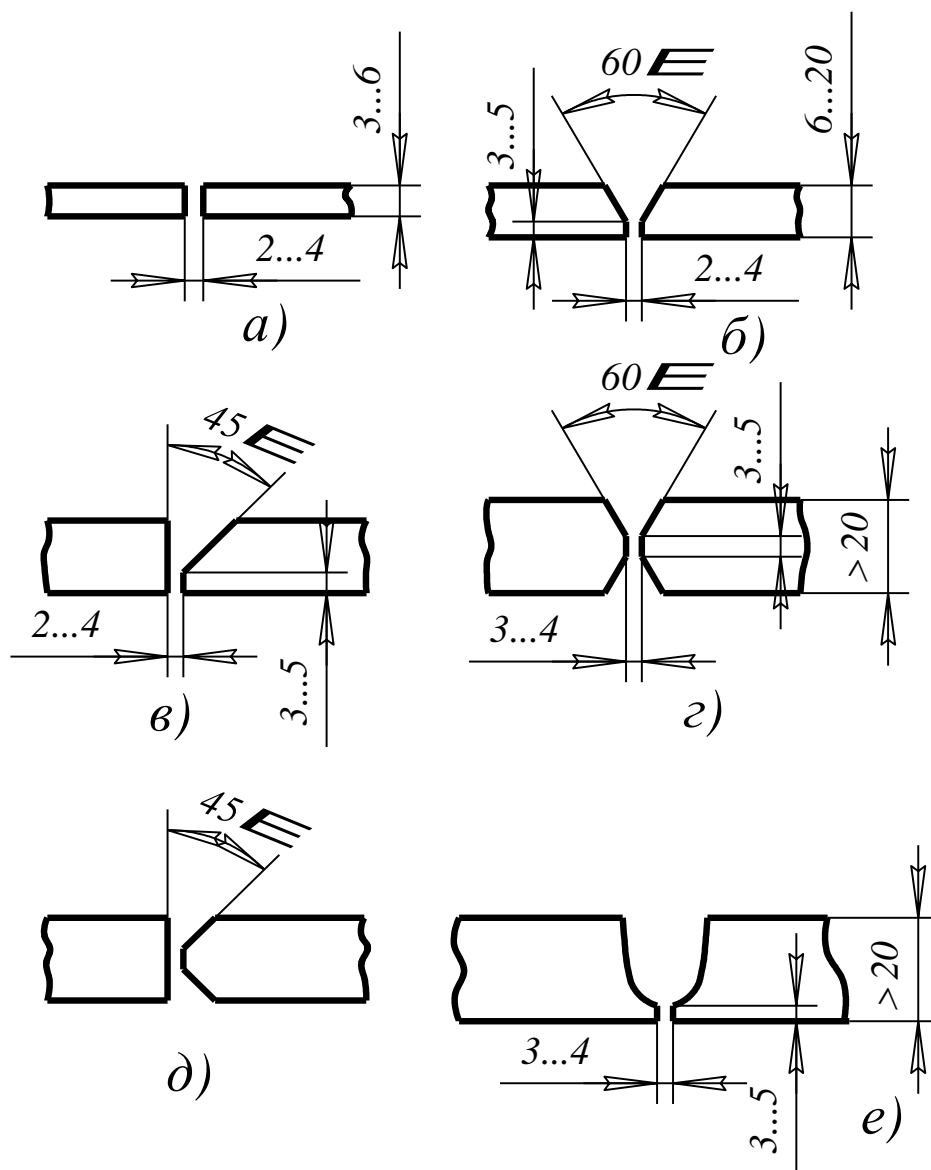


Рисунок 23 – Підготовка кромки для ручного дугового зварювання встик

Під час зварювання кутовими швами з'єднань внапусток (рис. 24, *a*) кромки не скошують, а тільки очищають від окалини, іржі та забруднень. Таврові з'єднання часто зварюють без скосу кромки (рис. 24, *б*). В конструкціях таврових з'єднань, що працюють за динамічних навантажень, рекомендується робити підготовку кромки стінки з V- або К-подібною розробкою (рис. 24, *в*, *г*).

У всіх випадках кромки листів, що підлягають зварюванню, мають бути очищені від іржі, окалини та інших забруднень. Підготовка кромки під зварювання виконується на стругальному або фрезерному верстаті, а також за допомогою газорізки з наступним очищенням від окалини.

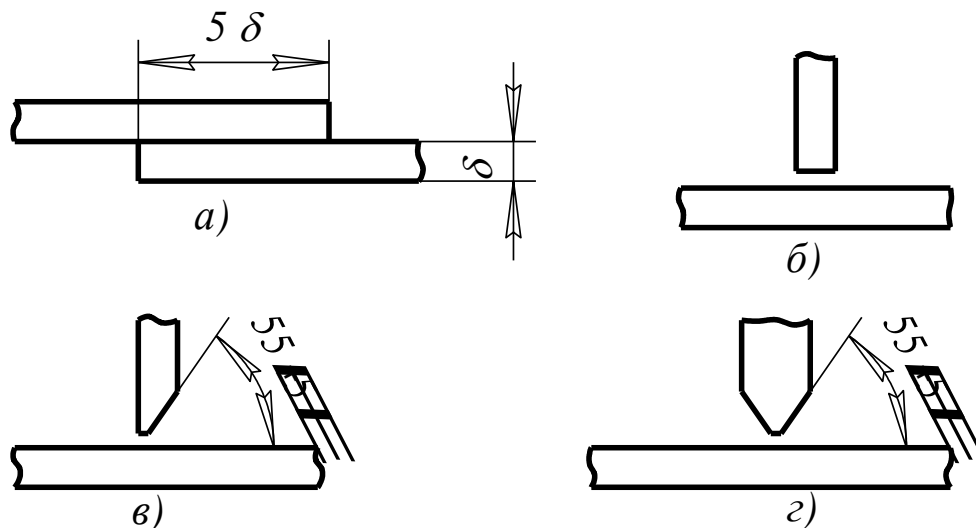


Рисунок 24 – Підготовка кромки для кутових швів: з'єднань внапусток (*a*) і таврових (*б - г*)

2.3 Вибір режиму зварювання

Під режимом зварювання розуміють сукупність показників, які визначають характер протікання процесу зварювання. Ці показники впливають на кількість тепла, що вводиться у виріб під час зварювання. До основних показників режиму зварювання відносяться: діаметр електрода, сила зварювального струму, напруга на дузі і швидкість зварювання. Допоміжними показниками режиму зварювання вважаються вид і полярність струму, тип і марка покриття електрода, кут нахилу електрода, температура попереднього нагріву металу.

Вибір режиму ручного дугового зварювання часто обмежується визначенням діаметра електрода і сили зварювального струму. Швидкість зварювання і напруга на дузі встановлюються зварником залежно від виду зварного з'єднання, марки сталі, марки електрода, положення шва у просторі.

Діаметр електрода вибирається залежно від товщини зварюваного металу, виду зварного з'єднання, типу шва тощо. У разі стикового зварювання листів товщиною до 4 мм у нижньому положенні діаметр електрода

береться таким, що дорівнює товщині листа. Під час зварювання сталі більшої товщини беруть електроди діаметром 4...6 мм за умови забезпечення повної можливості проварювання металу деталей, що з'єднуються, і правильного формування шва.

В багат шарових стикових і кутових швах перший шар чи прохід виконується електродами діаметром 2...4 мм, наступні шари і проходи виконуються електродами більшого діаметра.

Зварювання у вертикальному положенні звичайно виконується електродами діаметром не більше 4 мм, електроди більшого (5...6 мм) діаметра можуть застосовуватись тільки зварниками високої кваліфікації.

Стельові шви звичайно виконуються електродами діаметром не більше 4 мм.

Силу зварювального струму вибирають залежно від діаметра електродів за формулою

$$I = K \cdot d, A,$$

де K – коефіцієнт, що дорівнює 35...60 А/мм,

d – діаметр електрода, мм.

Відносно малий струм приводить до нестійкого горіння дуги, непровару і низької продуктивності. Надто великий – до сильного перегріву електрода під час зварювання, збільшення швидкості розплавлення електрода, підвищеного розбризкування електродного матеріалу і погіршення формування шва.

Під час зварювання вертикальних і горизонтальних швів струм має бути меншим проти прийнятого для зварювання у нижньому положенні приблизно на 5...10%, а для стельових – на 10...15% для того, щоб рідкий метал не витікав із зварювальної ванни. Положення швів у просторі показано на рис. 25.

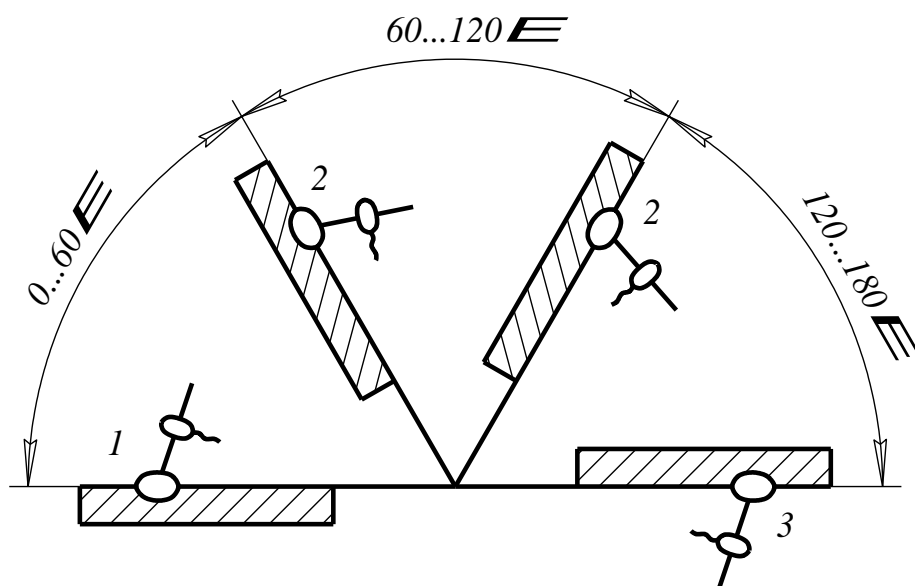


Рисунок 25 – Положення зварних швів у просторі:
1 – нижнє; 2 – вертикальне або горизонтальне; 3 – стельове

2.4 Техніка виконання швів

Запалювання дуги. Існує два способи запалювання дуги електродами з покриттям – прямим відривом електрода і відривом по кривій.

Перший спосіб називається запалюванням впритул; другий – нагадує рух під час запалювання сірника і його називають чирканням.

Довжина дуги. Негайно після запалювання дуги починається плавлення металу. Довжина дуги має бути постійною. Від правильно вибраної довжини дуги значною мірою залежить продуктивність зварювання і якість зварного шва.

Нормальною вважається довжина дуги, що дорівнює 0,5...1,1 діаметра електрода стержня. Збільшення довжини дуги знижує стійкість її горіння, глибину проплавлення основного металу, збільшує витрати на угар і розбризування металу, викликає утворення шва з нерівною поверхнею і збільшує вплив навколишньої атмосфери на розплавлений метал.

Швидкість подачі електрода в дугу має дорівнювати швидкості розплавлення електрода.

Положення електрода. Нахил електрода під час зварювання залежить від положення зварювання у просторі, товщини і складу зварюваного металу, діаметра електрода, виду і товщини покриття. Напрямок зварювання може бути зліва направо, справа наліво, від себе і на себе (рис. 26, а). Незалежно від напрямку зварювання положення електрода має бути певним: він має бути нахиленим до осі шва так, щоб метал виробу проплавлявся на найбільшу глибину. Для отримання щільного і рівного шва під час зварювання у нижньому положенні на горизонтальній площині кут нахилу електрода має бути 15° від вертикалі у бік ведення шва (рис. 26, б).

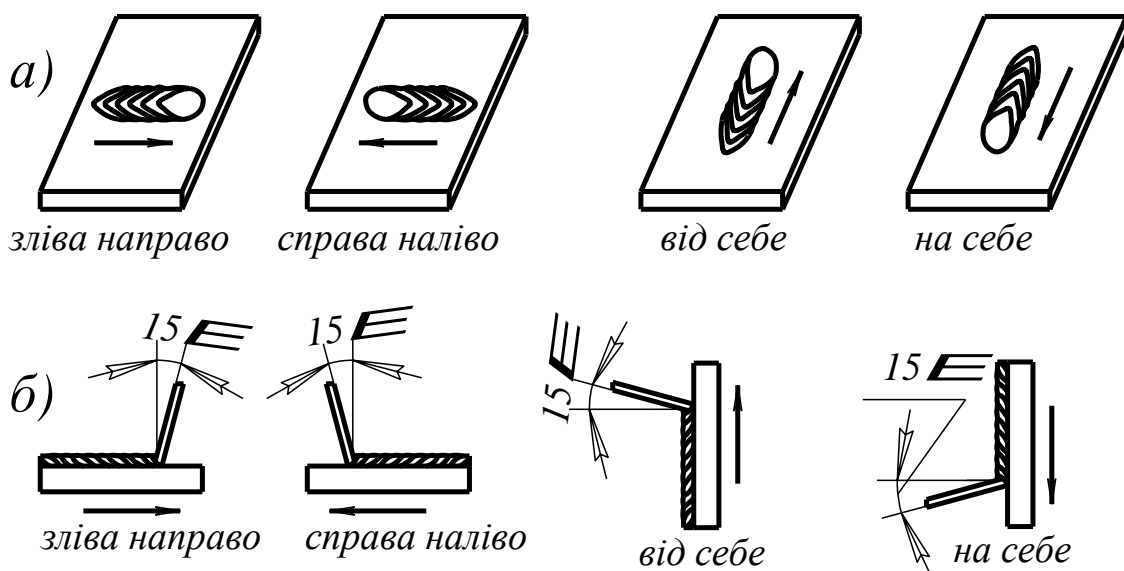


Рисунок 26 – Напрямок зварювання – а) і нахил електрода – б)

Кут нахилу електрода під час ручного дугового зварювання у різних просторових положеннях шва наводиться на рис. 26, б).

Коливальні рухи електрода. Для отримання валика потрібної ширини проводяться поперечні коливальні рухи електрода. Якщо пересувати електрод тільки вздовж осі шва без його поперечного коливання, то ширина валика визначається тільки силою зварювального струму і швидкістю зварювання і становить 0,8...1,5 діаметра електрода. Такі вузькі (ниточні) валики застосовують під час зварювання тонких листів, під час накладання першого кореневого шару багатшарового шва та в деяких інших випадках.

Найчастіше використовують шви шириною від 1,5 до 4 діаметрів електрода, які одержують за допомогою поперечних коливальних рухів.

Найпоширеніші види поперечних коливальних рухів електрода за ручного зварювання (рис. 27): прямі по ламаній лінії; півмісяцем, поверненим кінцями до наплавленого шва; півмісяцем, поверненим кінцями до напрямку зварювання; трикутниками; петлеподібні з затримкою у певних місцях.

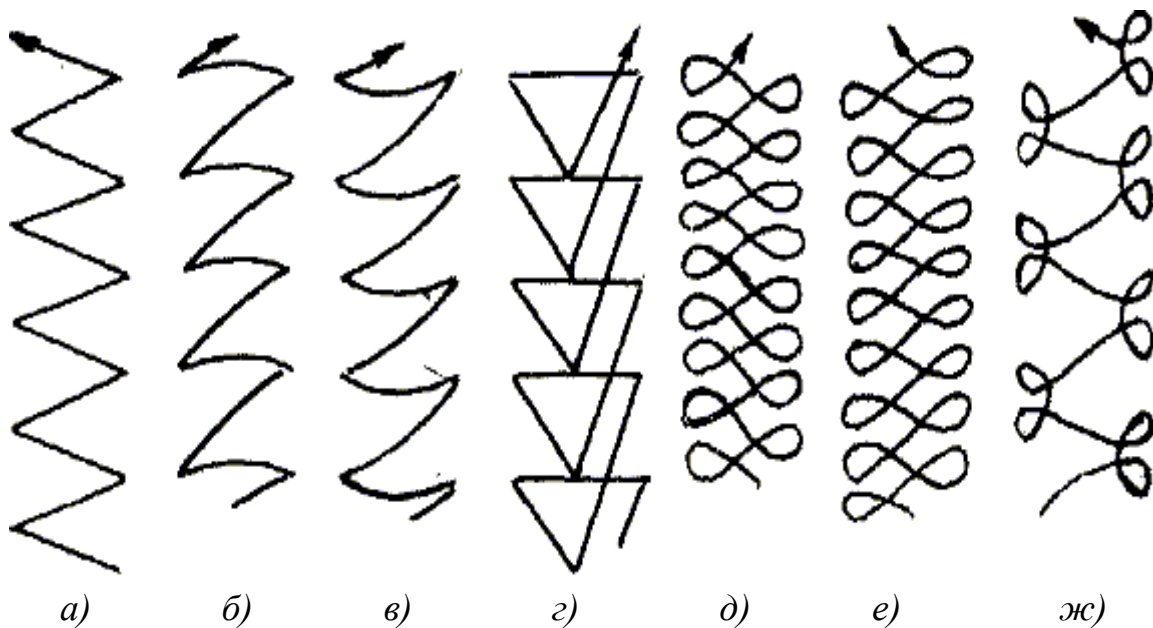


Рисунок 27 – Основні види поперечних рухів кінця електрода:

a - г при звичайних швах;

д - ж - при швах з посиленням прогрівом кромки

Поперечні коливання по ламаній лінії часто застосовують для одержання наплавних валиків, за стикового зварювання листів без скосу кромки в нижньому положенні і в тих випадках, коли немає небезпеки пропалювання зварюваної деталі.

Рухи півмісяцем застосовують для стикових швів зі скосом кромки і для кутових швів з катетом менше 6 мм, які виконуються у будь-якому положенні електродом діаметром до 4 мм.

Рухи трикутником застосовують у випадку виконання кутових швів з катетом шва більше 6 мм і стикових із скосом кромки у будь-якому просторовому положенні.

Петлеподібні рухи застосовують у випадках, які потребують більшого прогріву металу по краях шва, переважно, під час зварювання листів із високолегованих сталей. Ці сталі мають високу текучість і для задовільного формування шва потрібно затримувати електрод на краях, щоб попередити пропалювання в центрі шва і витікання металу із зварної ванни за вертикального зварювання.

Способи заповнення шва по перерізу. За способом заповнення шва по перерізу розрізняють одношарові шви (рис. 28, а), багатопрохідні багатшарові (рис. 28, б) і багатшарові (рис. 28, в).

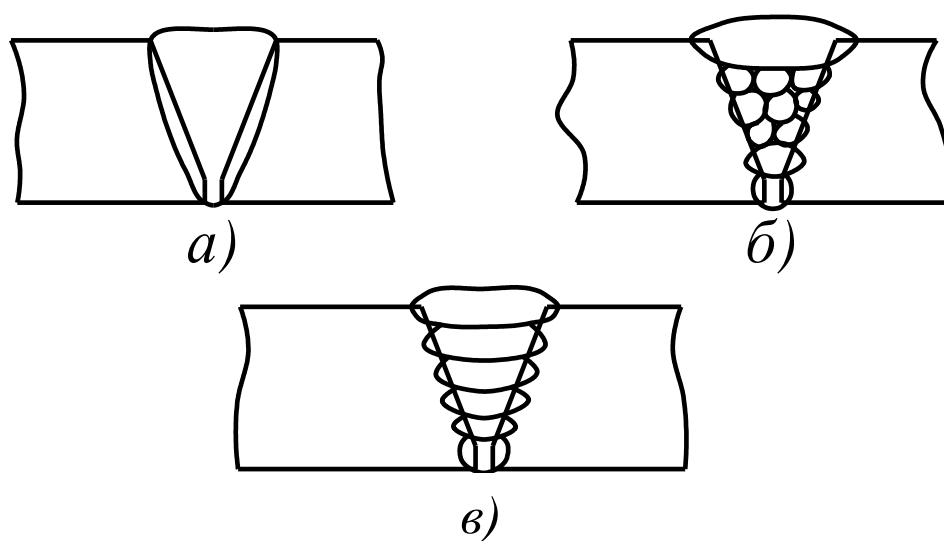


Рисунок 28 – Схеми заповнення швів по перерізу:

- а) – одношаровий і однопрохідний;
- б) – багатшаровий і багатпрохідний;
- в) – багатшаровий

Якщо число шарів дорівнює числу проходів, то такий шов називається багатшаровим. Якщо деякі з шарів виконують за кілька проходів, то такий шов називають багатпрохідним.

Багатшарові шви найчастіше використовують у стикових з'єднаннях, багатпрохідні – в кутових і таврових.

3 ВИДИ І ПРИЧИНИ БРАКУ

Дефектами зварних швів називають різні відхилення від встановлених норм і технічних вимог, що висуваються до зварних з'єднань. Дефекти

зменшують міцність зварних з'єднань і можуть призвести до руйнування всієї конструкції.

До *дефектів форми шва* відносять: нерівномірні ширину і висоту шва, хвилястість шва, неоднакові розміри катетів кутових швів. Причиною їх утворення є коливання напруги, нерівномірність швидкості зварювання, недостатня кваліфікація зварника.

Напливи (рис. 29, а) утворюються внаслідок натікання рідкого металу на кромки холодного основного металу. Це відбувається внаслідок надмірного струму, неправильного нахилу електрода.

Підрізи (рис. 29, б) являють собою продовгуваті заглибини (канавки), які утворились в основному металі по кореню шва внаслідок надмірного струму і напруги на дузі.

Незаплавлені кратери утворюються під час різкого обривання дуги. Вони зменшують переріз шва і можуть бути місцем утворення тріщин. *Пропалами* називають проплавлення основного металу і утворення наскрізних отворів. Вони утворюються внаслідок великого зазору, надмірного струму у разі високих швидкостей зварювання.

Газові пори утворюються внаслідок перенасичення рідкого металу газами, які не встигли вийти на поверхню в процесі швидкого затвердіння шва. Причиною пор є:

- іржа, масло і фарба на кромках основного металу і на поверхні електродів;
- використання вологих електродів;
- надмірна швидкість зварювання, що призводить до порушення газового захисту ванни рідкого металу;
- неправильно вибрана марка електродів.

Шлакові включення (рис. 29, в) утворюються внаслідок незадовільного зачищення кромки металу і електродів від окалини, іржі та інших забруднень.

Непровари (рис. 29, г) – це несплавлення основного металу з наплавленим, їх основна причина – недостатня сила струму і відхилення електрода від осі шва.

Тріщини (рис. 29, д) є найбільш небезпечним дефектом зварних швів. Вони можуть виникати як у самому шві, так і в навколошовній зоні. Однією з багатьох причин утворення тріщин є підвищений вміст вуглецю, який сприяє утворенню структур загартування. На утворення тріщин впливає також підвищений вміст у наплавленому металі шкідливих елементів – сірки та фосфору.

4 СПОСОБИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ ШВІВ І З'ЄДНАНЬ

Якість зварювання визначає надійність і довговічність зварних конструкцій. Сучасна зварювальна техніка має у своєму розпорядженні різноманітні методи контролю якості зварювання.

Зовнішній огляд і обміри зварних швів. Цьому способу контролю піддають заготовки деталей і готові зварні шви. Мета зовнішнього огляду заготовок – виявити вм'ятини, задирки та інші дефекти, а також бруд, масло, іржу, окалину на поверхні кромки.

Мета зовнішнього огляду готових зварних з'єднань – виявити зовнішні дефекти (непровари кореня стикового шва, напливи, подрізи, незаварені кратери, зовнішні тріщини тощо).

Зовнішньому огляду піддають усі шви, незалежно від того, який спосіб контролю буде застосовано в подальшому.

Контроль непроникності швів. Цей спосіб полягає у контролі за проникненням газів (повітря, суміші повітря з аміаком і іншими індикаторами) та рідин (води, гасу) через щонайменші дефекти несучільності. Він широко застосовується для перевірки герметичності посудин і трубопроводів.

Гідравлічні випробування. Ними контролюється не тільки щільність зварних з'єднань, але і відносна міцність всієї зварної конструкції. Під час гідравлічних випробувань посудина наповнюється водою, потім в ній гідравлічним пресом створюється тиск, що дорівнює робочому. Якщо дефектів не виявлено, то тиск підвищується до $P = (1,25 \dots 1,50)P_{роб}$.

Пневматичні випробування виконують з метою контролю щільності зварних з'єднань в посудинах, які працюють під тиском.

Рентгенівське просвічування оснований на властивості рентгенівських променів проникати через непрозорі тіла, ослаблювати свою інтенсивність залежно від пустот, включень і тріщин. За наявності дефектів у швах, рентгенівські промені ослаблюються неоднаково і на проявленій фотоплівці з'являються місця з різною інтенсивністю затемнення, за якими і роблять висновок про характер і розміри дефектів.

Рентгенівське просвічування дозволяє виявити такі внутрішні дефекти як тріщини, непровари, шлакові включення, газові пори.

Магнітографічний метод контролю. Суть цього методу полягає у намагнічуванні зварних швів і фіксації магнітного потоку на феромагнітну стрічку.

Ультразвуковий контроль зварних швів полягає у здатності ультразвукових хвиль проникати в метал на велику глибину і відбиватися від неметалевих включень, пустот, тріщин тощо.

Металографічні випробування зварних швів дозволяють на зразках, вирізаних зі шва, виявити структуру металу і її відповідність заданій.

Механічні випробування виконують на зразках, вирізаних із зварного з'єднання, або зварених окремо. Це випробування на міцність, твердість, згин, ударну в'язкість та інші.

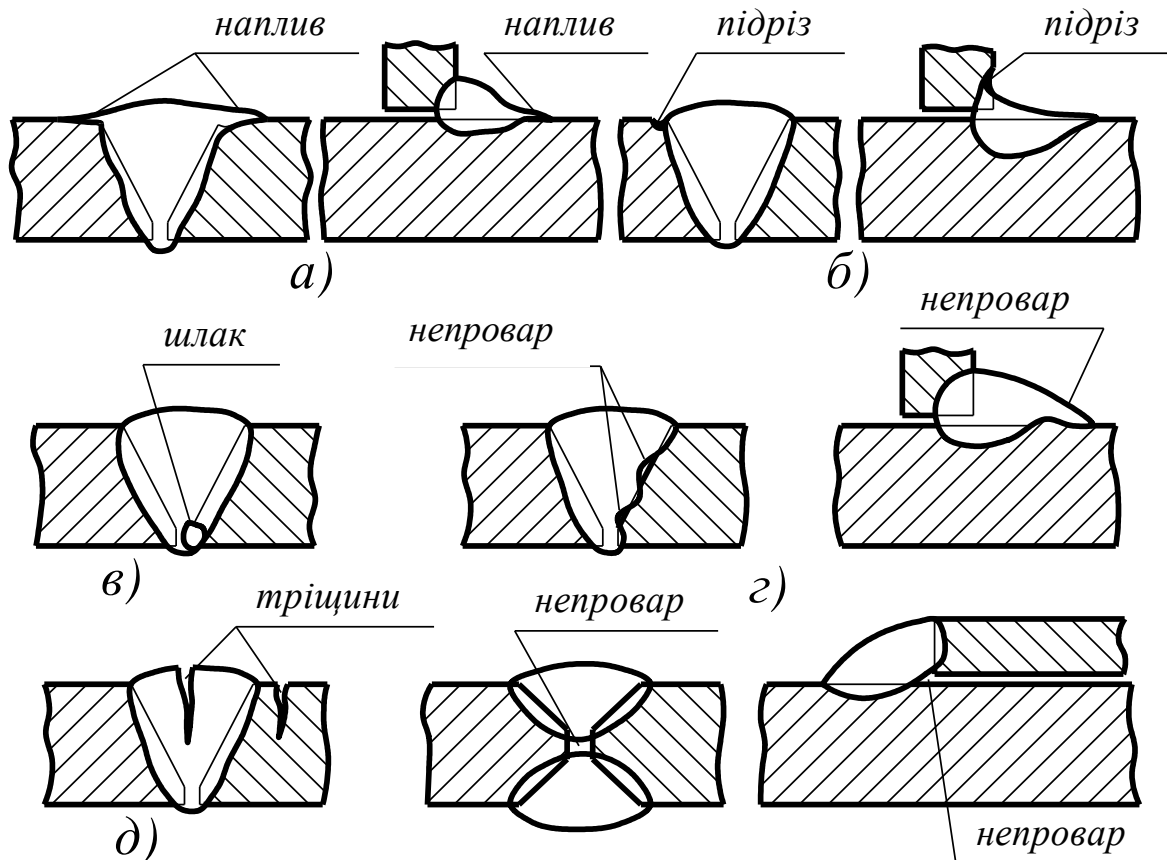


Рисунок 29 – Дефекти зварних з'єднань

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись та засвоїти правила техніки безпеки під час роботи на зварювальному устаткуванні.
2. Підготувати до зварювання зразки: очистити від іржі, масла та іншого бруду, підготувати кромки і скласти зразки під зварювання.
3. Вибрати тип і діаметр електродів.
4. Призначити режим зварювання.
5. Включити живлення, запалити дугу, виконати зварювання.
6. Провести контроль якості шва зовнішнім оглядом.
7. Скласти звіт про роботу.

6 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про роботу має містити:

1. Короткі теоретичні відомості про зварювання плавленням.
2. Короткі теоретичні відомості про зварювальне обладнання.
3. Електроди.
4. Типи зварних з'єднань.
5. Техніку виконання зварних швів.
6. Завдання на самостійну роботу: матеріал зразків, тип з'єднання, тип та діаметр електрода, розрахунки режиму зварювання, результати контролю шва.
7. Результати дослідів занести у таблицю 8.

Таблиця 8 – Результати дослідів

| Марка матеріалу | Товщина зразків, мм | Тип з'єднання | Діаметр електрода, мм | Сила струму, А | Контроль шва | |
|-----------------|---------------------|---------------|-----------------------|----------------|--------------|-----------------|
| | | | | | Дефект шва | Причина дефекту |
| | | | | | | |

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Суть та схеми ручного дугового зварювання.
2. Класифікація електродів для ручного дугового зварювання.
3. Основні параметри режиму під час ручного дугового зварювання.
4. Розрахунок режимів зварювання.
5. Технологія ручного дугового зварювання.
6. Що називається зварювальною дугою?
7. Класифікація електродів для ручного дугового зварювання.
8. Призначення та види покриттів електродів.
9. Основні величини, які характеризують процес зварювання.
10. Як змінюється коефіцієнт втрат на угар та розбризкування електрода із зміною довжини дуги?
11. Що викликає появу пор у металі шва?

Лабораторна робота № 7

Газове зварювання та різання металів

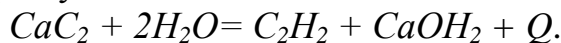
Мета роботи – вивчити будову і принцип роботи обладнання, технологію та режими газового зварювання і різання металів.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

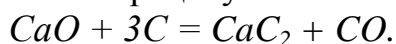
Під час газового зварювання для нагрівання кромки основного металу та присадкового матеріалу до розплавленого стану використовується тепло газового полум'я, яке утворюється від згоряння різних горючих газів в суміші з киснем. Як горючі гази використовуються водень, природний газ, пропан-бутан, але найбільше поширення має ацетилен, який під час згоряння в кисні дає температуру полум'я, достатню для зварювання сталей і більшості інших металів і сплавів. Найчастіше газове зварювання застосовують під час виготовлення листових і трубчастих конструкцій з маловуглецевих і низьколегованих сталей товщиною до 3...5 мм, під час виправлення дефектів у виливках з сірого чавуну і бронзи, а також для зварювання кольорових металів та їх сплавів (бронз, латуней).

1.1 Ацетилен та його одержання.

Ацетилен C_2H_2 одержують в апаратах – ацетиленових генераторах – під час взаємодії карбіду кальцію з водою



В процесі розкладання 1 кг хімічно чистого карбіду кальцію виділяється близько 340 л ацетилену і 1675 кДж (400 ккал) тепла. З технічного карбіду кальцію, залежно від його сорту і грануляції, вихід ацетилену становить від 230 до 300 л/кг. Карбід кальцію одержують в електродугових печах оплавленням коксу або антрациту з випаленим вапном



Розплавлений карбід кальцію виливають з печі в чавунні форми і після остигання подрібнюють на куски розміром 2...120 мм.

Залежно від принципу взаємодії карбіду кальцію з водою розрізняють такі системи генераторів: «карбід у воду», «вода на карбід», а також контактного типу «зануренням».

Генератор системи «вода на карбід» показано на рис. 30, б). Корпус генератора 1 поділений на дві частини перегородкою 2. В корпусі розміщена реторта 6, яка сполучається з нижньою частиною корпусу резиновим рукавом 5 з краном 4. На корпусі генератора закріплюють водяний затвор 10, який з'єднується трубою 9 з краном 16 з газовою порожниною генератора. Перед початком роботи в генератор заливають воду за закритого крана 4 і відкритого крана 16. Водяний затвор заповнюють водою до рівня контрольного крана 13. Корзину з карбідом кальцію вставляють у реторту 6, яка щільно закривається кришкою. У разі відкриття крана 4 вода над-

ходить в реторту. Ацетилен, що утворюється у цьому випадку, надходить з реторти по трубі 3 в нижню частину генератора (під перегородку), витісняючи воду по трубі 7 у верхню частину генератора (над перегородкою). Як тільки рівень води у нижній частині генератора стане нижчим рівня крана 4, вода перестане надходити в реторту, а та вода, що була в реторті, витісняється під дією тиску ацетилену у конусоподібну посудину 8, відкриту зверху. Це дещо сповільнює розкладання карбїду кальцію і зменшує виділення ацетилену. У міру витрачання ацетилену на технологічні потреби тиск в генераторі спадає. У цьому випадку вода з посудини 8 знову надходить в реторту та інтенсивність розкладання карбїду кальцію збільшується, а значить і збільшується утворення ацетилену. Таким чином генератор працює автоматично залежно від витрат газу.

Ацетилен з генератора надходить по трубах 9, 11 через водяний затвор 10 по трубі 15 і резиновою шлангу до пальника або різачка. Під час зворотного удару полум'я під тиском вибухової хвилі частина води і полум'я викидається в атмосферу через запобіжну трубу 12, яка занурена у воду вище труби 11, завдяки чому шлях полум'я до генератора залишається закритим рештою води у затворі і зануреним в неї кінцем труби 11. Відбійник 14 запобігає випліскуванню води з затвору.

Генератори системи «вода на карбїд» випускають невеликої продуктивності, низького тиску (0,001...0,01 МПа) і в більшості випадків переносними. Більш високий тиск ацетилену (0,01...0,03 МПа) розвивають генератори контактного типу «зануренням» (рис. 30, а). Корпус генератора 1 має знизу резервуар – промивач 5, зверху – газоутворювач 3 з горловиною, яка герметично закривається кришкою після того, як генератор заповнено водою (9 л), а в шахту генератора вставлено корзину з карбїдом кальцію (2,2 кг). Під час змочування карбїду кальцію водою утворюється ацетилен, який із газоутворювача по трубі 4 надходить в промивач 5, проходить в ньому через шар води і по трубі 6 надходить в водяний затвор 7, звідки по трубі і гумовому шлангу надходить до місця споживання. Вода з газоутворювача тиском газу витісняється в простір між стінками шахти 1 і корпусу 2, внаслідок чого газоутворення сповільнюється.

В міру витрат газу тиск в генераторі спадає і рівень води в газоутворювачі знову підвищується, змочуючи карбїд кальцію в корзині. Таким чином, автоматично регулюється процес газоутворення і тиску газу.

За нормальної роботи ацетилен проходить по трубі 6 через зворотний клапан 8, шар води в корпус 7 водяного затвора і далі – по трубі і шлангу до пальника або різачка. Якщо сопло пальника з якихось причин забивається, полум'я проникає в ацетиленовий шланг і швидкість його поширення стає більшою, ніж швидкість руху ацетилену по шлангу, то воно (полум'я) може проникнути в генератор і спричинити вибух. Таке явище називається зворотним ударом. Щоб запобігти цьому на шляху полум'я стоїть водяний затвор. Під час зворотного удару тиск в затворі підвищується і вода закриває зворотний клапан 8, попереджаючи можливість проходу вибухової

хвилі в трубу 6 і в генератор. Одночасно відбувається розрив тонкої алюмінієвої або олов'яної мембрани 10 і вибухова суміш викидається в атмосферу.

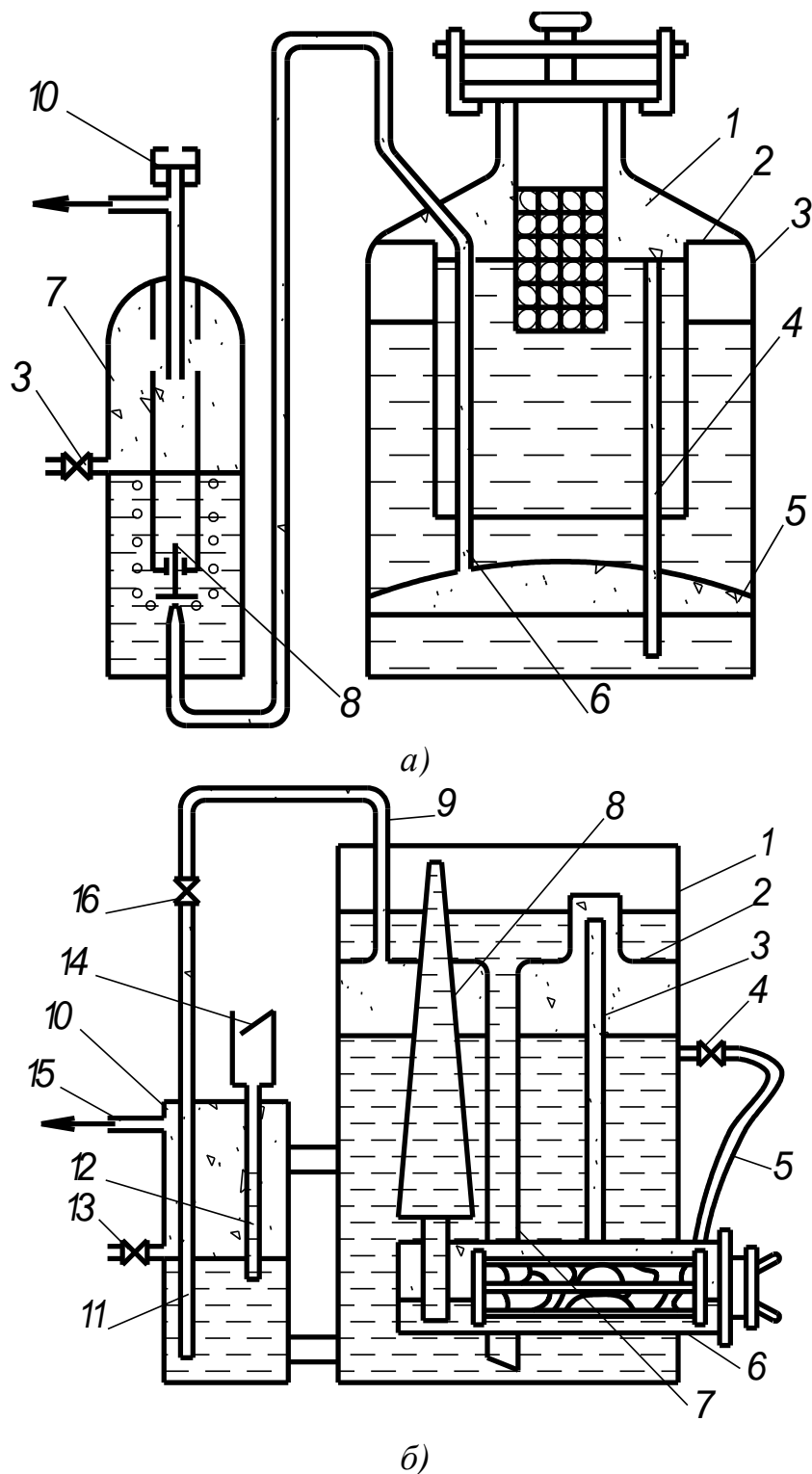


Рисунок 30 – Схеми ацетиленових генераторів:
 а) – контактного типу «зануренням»;
 б) – системи «вода на карбід»

1.2 Кисневі балони та редуктори

Транспортують і зберігають газоподібний кисень звичайно в кисневих балонах. Найбільш поширені балони місткістю 40 л. В такому балоні за тиску 15 МПа (150 кг/см^2) вміщується 6000 л кисню. Для зменшення тиску кисню до робочого $1...4 \text{ кг/см}^2$ (0,1 ... 0,4 МПа) і підтримання його постійним в процесі зварювання застосовують кисневі редуктори (рис. 31).

Робота редуктора ґрунтується на підтриманні рухомої рівноваги між силою стискування головної пружини 8, яка намагається відкрити клапан 11, і силою стискування зворотної пружини 4 та тиском кисню, які намагаються закрити клапан 11. Ці дві протидійні сили передаються на мембрану 7, положення якої і залежить від співвідношення цих сил.

У початковий момент клапан 1 притиснутий до сідла клапана пружиною 4 та тиском кисню на клапан. Для того, щоб відкрити клапан і пропустити кисень в камеру низького тиску 10, користуються регулювальним гвинтом 9. Загвинчуючи цей гвинт у корпус редуктора, натискають через головну пружину 8 і мембрану 7 на штифт, який і відкриває клапан 11. Як тільки тиск кисню в камері низького тиску 10 подолає зусилля головної пружини 8, мембрана знову переміститься в початкове положення і пружина 4 знову закриє клапан 11. Під час відбору газу з редуктора через вентиль 6 тиск кисню в камері 10 знизиться і під дією головної пружини 8 клапан знову відкриється.

Кисневі редуктори постачають манометрами високого 2 і низького 3 тиску і запобіжним клапаном 5, який захищає мембрану 7 від розриву в разі підвищення тиску кисню в камері 10 вище допустимого.

1.3 Зварювальні пальники

Зварювальний пальник – основний інструмент газозварника. Він слугує для змішування в потрібних пропорціях горючого газу і кисню з метою одержання потрібних властивостей зварювального полум'я.

На рис. 32 показано схему універсального зварювального пальника інжекторного типу. Кисень під тиском $0,1...0,4 \text{ МПа}$ через ніпель 2 і вентиль 3 надходить в сопло інжектора 10 і створює на виході з нього велике розрідження, внаслідок чого ацетилен, який має більш низький тиск, засмоктується через ніпель 1, внутрішній канал рукоятки 3, регулювальний вентиль 4, повздовжні пази інжектора 10 в камеру змішування 7. Тут кисень і ацетилен утворюють горючу суміш, яка з камери змішування трубою 8 надходить в мундштук 9. Під час виходу з мундштука і запалювання цієї суміші утворюється зварювальне полум'я (рис. 33).

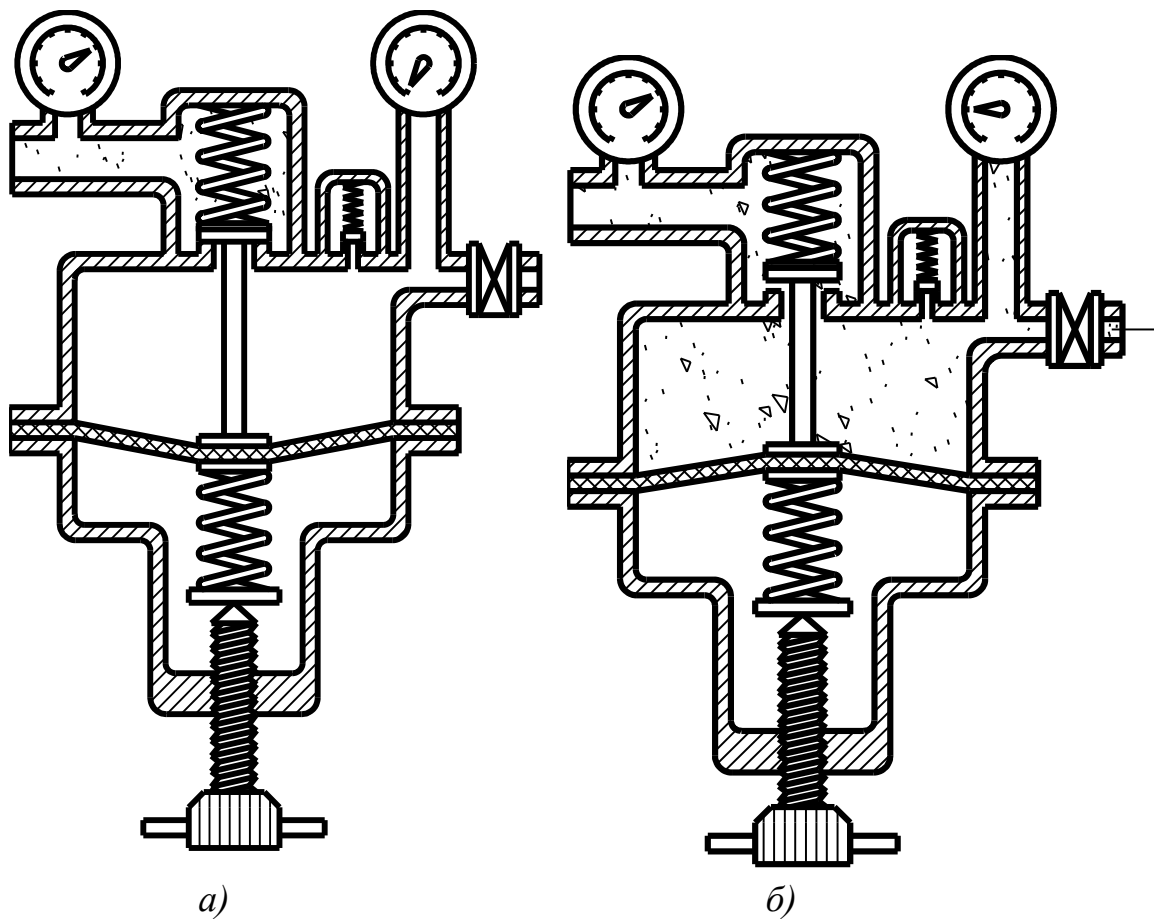


Рисунок 31 – Схема кисневого редуктора:
 а) – неробоче положення; б) – робоче положення

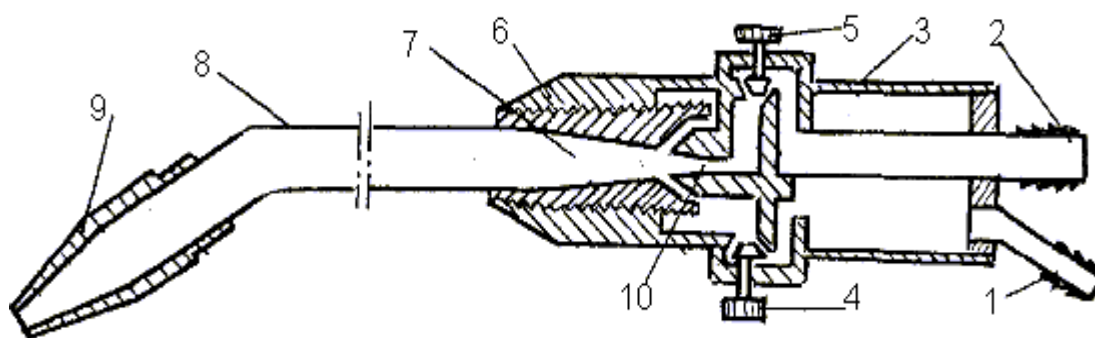


Рисунок 32 – Схема зварювального пальника інжекторного типу

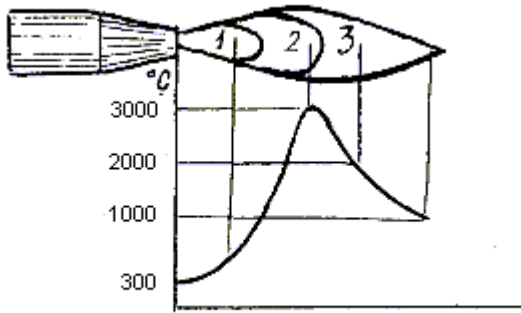


Рисунок 33 – Схема нормального ацетиленового полум'я:

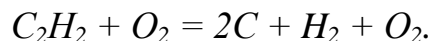
1 – ядро; 2 – зона зварювання;

3 – факел

1.4 Ацетиленово-кисневе полум'я

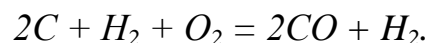
Залежно від співвідношення кисню і ацетилену в суміші, яка виходить з пальника, розрізняють три основних види ацетиленово-кисневого полум'я: нормальне або відновне; з надлишком кисню або окислювальне; з надлишком ацетилену або науглецьовувальне.

В більшості випадків під час газового зварювання застосовують нормальне полум'я за співвідношення кисню і ацетилену як (1,1...1,2): 1. Нормальне ацетиленово-кисневе полум'я складається з трьох зон (рис. 33). В першій зоні, яка називається ядром полум'я, проходить екзотермічний розпад ацетилену на його складові елементи:



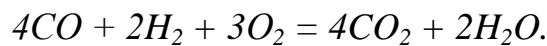
Розжарені частинки вуглецю надають цій зоні яскравого освітлення. Температура в ядрі полум'я досягає 1000 °С.

В другій зоні, що називається зварювальною, відбувається неповне згоряння вуглецю за реакцією:



Завдяки відновному характеру другої зони внаслідок присутності в ній оксиду вуглецю і водню, а також високої температури цієї частини полум'я, яка досягає 3150 °С, метал зварюється другою зоною.

Третя зона називається факелом. В ній за рахунок кисню повітря проходить згоряння оксиду вуглецю і водню за рівнянням:



Температура третьої зони приблизно 1200 °С.

За співвідношення кисню і ацетилену, більшому ніж 1,2, полум'я має зайвий кисень і стає окислювальним. Таке полум'я використовують для зварювання латуней.

Якщо ж це співвідношення буде меншим 1, то полум'я матиме надлишок ацетилену і стане науглецьовувальним. Його використовують інколи для зварювання чавуну.

1.5 Техніка та режим газового зварювання

За газового зварювання використовують два способи переміщення пальника – лівий і правий. За лівого способу полум'я пальника переміщується справа наліво і напрямлене на холодний метал. Попереду пальника переміщують присадний матеріал. За правого способу пальник переміщують зліва направо і зварне полум'я напрямлене на гарячий метал, а присадний дріт рухається попереду пальника.

За товщини сталі до 3 мм більш продуктивним є лівий спосіб, а для більших товщин – правий.

Однак, під час вибору способу газового зварювання керуються не тільки товщиною зварюваного металу, а й положенням шва у просторі. Так, вертикальні шви незалежно від товщини листів виконують тільки лівим способом знизу вгору, а стельові – тільки правим.

За товщини металу до 2 мм зварювання стикових з'єднань виконують без зазору і розробки кромки. Листи товщиною 2...5 мм зварюють з зазором 1...2 мм також без скошу кромки. У випадку більших товщин виконують одно- або двосторонній скіс кромки під кутом 60...90°.

Діаметр присадного дроту « d » вибирається залежно від товщини зварюваного металу « S »:

$$d = S / 2 + 1 \text{ мм} - \text{для лівого способу};$$

$$d = S / 2 \text{ мм} - \text{для правого способу}.$$

Витрати ацетилену можна визначити за формулою

$$A = K \cdot S, \text{ л/год},$$

де S – товщина металу, мм,

K – коефіцієнт, що дорівнює для маловуглецевої сталі 100..130.

Швидкість зварювання

$$V = n / S, \text{ м/год},$$

де n – коефіцієнт, який дорівнює для лівого способу 12, а для правого – 15.

2 ГАЗОКИСНЕВЕ РІЗАННЯ МЕТАЛУ

Газокисневе різання ґрунтоване на здатності металу, підігрітого до температури займання, згоряти в струмені чистого кисню.

Для здійснення кисневого різання необхідно, щоб метал задовольняв такі основні вимоги:

1. Температура займання металу має бути нижчою від температури його плавлення.
2. Температура плавлення оксидів металу, що утворюються в процесі різання, має бути нижчою за температуру плавлення основного металу.

3. Оксиди металу мають бути досить рідкоплинними і легко видуватися із порожнини різання.
4. Теплопровідність металу не має бути дуже високою.
5. Під час горіння металу має виділятися достатня кількість теплоти, необхідної для нагрівання шарів металу, що лежать нижче, до температури займання.

Цим вимогам найбільш повно відповідають тільки вуглецеві і низьколеговані сталі, що містять вуглецю до 0,7%. Температура займання цих металів (1300 °С) нижче температури їх плавлення (1535 °С).

Для кисневого різання застосовують обладнання для ацетиленового зварювання, тільки замість пальника використовують різак, який являє собою комбінацію зварювального пальника з окремою трубкою 4, призначеною для подачі різального струменя кисню (рис. 34).

Кисень через кисневий ніпель 1 подається в різак. Частина кисню, проходячи вентиль 2 та інжектор 10, іде в камеру змішування 9 для утворення горючої суміші з ацетиленом, яка використовується для нагрівання металу до температури займання. Решта кисню (різальний кисень) направляється в головку 5 через вентиль 3 і трубу 4.

Ацетилен підводиться в різак через ніпель 12. Проходячи через вентиль 11, він засмоктується струменем кисню і по пазах інжектора потрапляє в камеру змішування 9. Далі горюча суміш по трубці 8 потрапляє в головку різачка 5, звідки через кільцевий зазор між зовнішнім мундштуком 7 і внутрішнім 6 подається у вигляді підігрівального полум'я кільцеподібної форми.

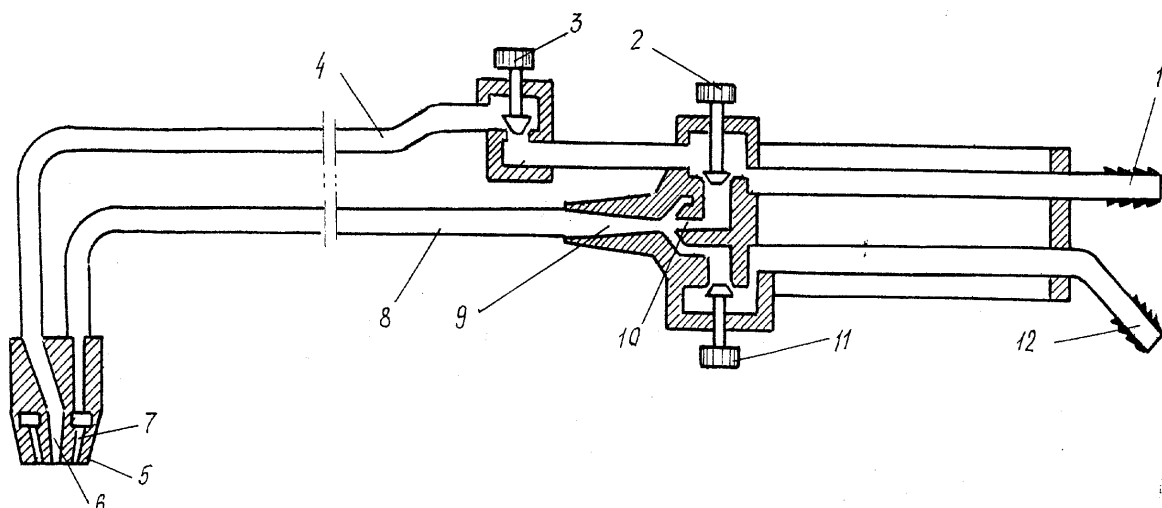


Рисунок 34 – Схема різачка інжекторного типу

Після прогрівання металу до температури займання, на що витрачається від 5 до 40 с, залежно від товщини металу, подається струмінь кисню через центральний канал внутрішнього мундштука 6.

3 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити будову і принцип роботи устаткування для газового зварювання і різання (ацетиленового генератора, редуктора, пальника, різака).
2. Підготувати вироби для зварювання (розробити кромки, призначити зазори тощо).
3. Призначити режим зварювання.
4. Відрегулювати полум'я за формою його ядра.
5. Виконати пробне зварювання зразків.
6. Скласти звіт про роботу.

4 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про виконану роботу має містити:

1. Короткі відомості про газове зварювання і різання металу.
2. Схему ацетиленового генератора.
3. Схему пальника або різака.
4. Схему зварювального полум'я та опис його видів.
5. Завдання на роботу.
6. Описання техніки та режиму зварювання.

5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Суть і сфера застосування газового зварювання.
2. Властивості ацетилену і його одержання.
3. Будова і принцип роботи ацетиленового генератора.
4. Призначення і принцип роботи водяного затвора.
5. Призначення, будова і принцип роботи кисневого редуктора.
6. Будова і принцип роботи зварювального пальника.
7. Будова і види ацетиленово-кисневого полум'я.
8. Техніка та режим зварювання.
9. Суть газового різання металу.
10. Будова і принцип роботи різака.
11. Умови газокисневого різання металу.

Лабораторна робота № 8

Обробка поверхонь на токарному верстаті

Мета роботи: ознайомитись з будовою, органами управління токарно-гвинторізного верстата; набути практичних навичок з налагодження, настроювання токарного верстата і обробки на ньому різних поверхонь.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Точінням називається високопродуктивний технологічний метод обробки поверхонь, головним чином поверхонь обертання різної форми (циліндричних, конічних, фасонних) - а також плоских (торцевих) токарними різцями на токарних верстатах.

1.1 Токарні верстати

Основними розмірними характеристиками токарних верстатів є висота центрів над напрямними станини і відстань між центрами. Висота центрів над станиною визначає найбільший діаметр заготовки, яку можна обробляти на верстаті, а відстань між центрами найбільшу її довжину.

Токарно-гвинторізні верстати поділяються на дрібні з висотою центрів до 150 мм, середні з висотою центрів 150...300 мм і крупні з висотою центрів більше 300 мм.

На токарно-гвинторізних верстатах можна виконувати такі роботи:

- точіння зовнішніх і внутрішніх циліндричних та конічних поверхонь;
- точіння торцевих поверхонь;
- свердління, зенкерування, розвертання і розточування отворів;
- нарізання зовнішніх і внутрішніх різьб різцем, плашкою, гайкорізом;
- точіння фасонних і сферичних поверхонь;
- обкатування поверхонь роликками і накатування рифлень.

Незалежно від розмірів і конструктивних особливостей всі токарно-гвинторізні верстати мають загальні вузли і механізми (рис. 36).

Станина 1 слугує для з'єднання всіх основних вузлів і частин верстата. На ній встановлені: передня бабка 3, коробка подач 2, задня бабка 11 і супорт. Передня бабка розташована зліва на станині. Вона має чавунний корпус, всередині якого розміщена коробка швидкостей 4 і пустотілий шпиндель 5. Коробка швидкостей надає обертання шпинделю і дозволяє змінювати частоту і напрям обертання. На правому кінці шпинделя встановлюється пристрій 6 для закріплення заготовки, яка обробляється (патрон, планшайба тощо). Задня бабка 11 встановлюється на правому кінці станини і може пересуватися по її напрямних. Вона використовується для закріплення різального інструменту (свердл, зенкерів, розверток) або заднього центра.

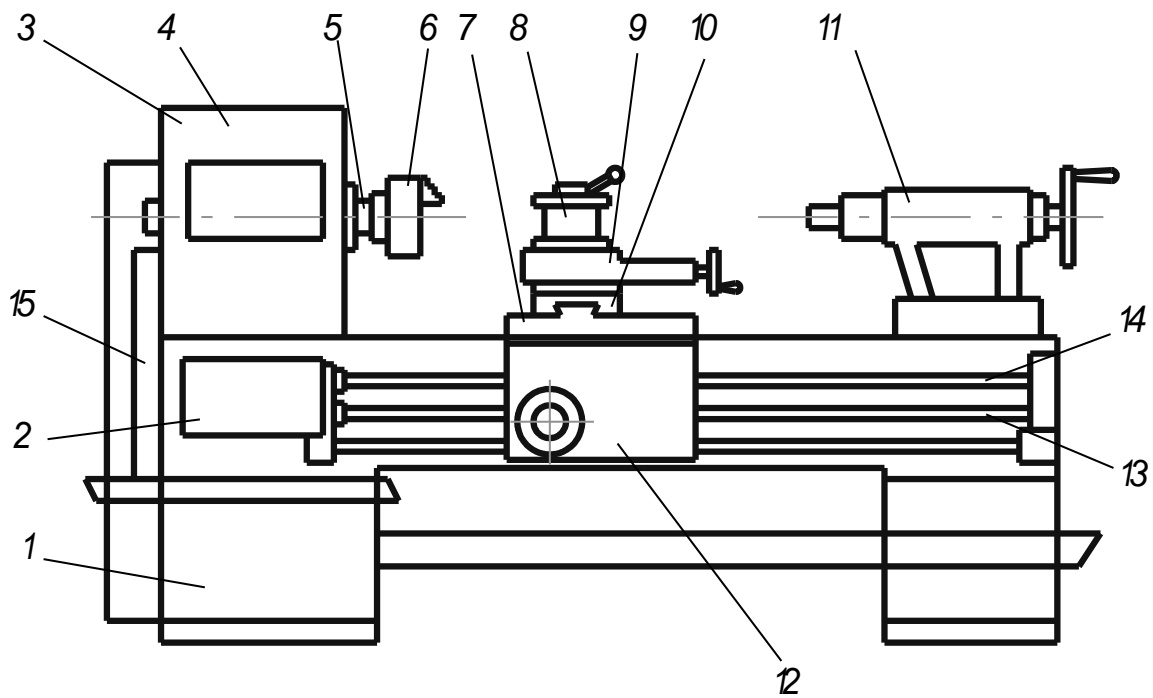


Рисунок 35 – Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстата

Поздовжній супорт 7 пересувається по напрямних станини і забезпечує поздовжню подачу. Поперечний супорт 10 пересувається по напрямних поздовжнього супорта перпендикулярно до осі обертання шпинделя. На ньому змонтовано верхній супорт 9 з різцетримачем 8.

Пересування супортів визначається за допомогою лімбів, які являють собою циліндричні барабани з нанесеними на них поділками. Ціна поділки лімба, тобто величина переміщення супорта під час повороту рукоятки ручної подачі на одну поділку, характеризує точність верстата.

Коробка подач 2 дозволяє змінювати частоту обертання ходового вала 13 або ходового гвинта 14, отже і величину подачі. Коробка подач з'єднана зі шпинделем гідарою змінних зубчастих коліс 15.

Механізми, розташовані у фартусі супорта 12, перетворюють обертальний рух ходового гвинта або ходового вала в прямолінійний поступальний рух поздовжнього або поперечного супортів. В процесі нарізання різьби використовується ходовий гвинт, а за всіх інших видів токарної обробки – тільки ходовий вал.

1.2 Рухи під час токарної обробки

Рухи, які виконують інструмент і заготовка в процесі різання, називаються робочими. Для будь-якого металорізального верстата робочими рухами є рух різання (головний рух) і рух подачі.

Рух різання для токарного верстата – це обертання заготовки. Він забезпечує зняття стружки з заготовки.

Рух подачі забезпечує поздовжнє або поперечне переміщення різального інструмента відносно заготовки (рис. 36).

Рух різання визначається швидкістю різання, яка вимірюється в метрах за хвилину і може бути розрахована за формулою:

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

де D – діаметр оброблюваної заготовки в мм;

n – частота обертання заготовки в обертах за хвилину.

Рух подачі визначається шляхом, пройденим інструментом відносно заготовки за її один оберт, і вимірюється в мм/об.

1.3 Режим різання

Під режимом різання розуміють сукупність показників, які визначають продуктивність процесу різання та якість оброблених поверхонь. До основних показників режиму різання відносять швидкість різання V , подачу S та глибину різання (рис. 36). Глибиною різання називають відстань між оброблюваною і обробленою поверхнями за один робочий хід інструмента відносно поверхні, яка обробляється.

Призначення елементів режиму різання відбувається у такій послідовності: спочатку вибирається максимально можлива і доцільна глибина різання t , потім максимально можлива подача S , а потім вже підраховується з урахуванням оптимальної стійкості інструмента та інших конкретних умов обробки швидкість різання. Для призначення елементів режиму різання необхідно знати матеріал заготовки і його фізико-механічні властивості; розміри заготовки, розміри деталі і технічні умови на її оброблені поверхні; матеріал і геометричні елементи різальної частини інструмента, його розміри, максимально допустимий знос і стійкість; кінематичні і динамічні дані верстата, на якому будуть обробляти цю заготовку.

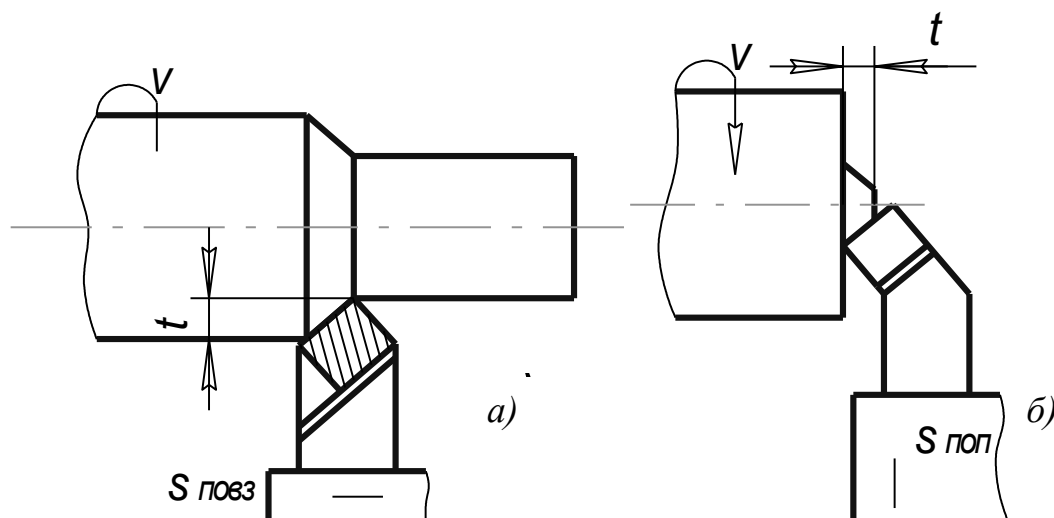


Рисунок 36 – Схеми робочих рухів за токарної обробки:
а) – з поздовжньою подачею; б) – з поперечною подачею

Глибина різання визначається величиною припуску на обробку. За чорнової обробки припуск доцільно видаляти за один прохід. В цьому випадку глибина різання дорівнює припуску на обробку. Під час зрізання підвищених припусків або у випадку роботи на малопотужних верстатах припуск інколи доводиться розбивати на частини, роблячи уже кілька проходів.

За напівчистої обробки глибина різання призначається в межах 0,5...2,0 мм, а за чистої – в межах 0,1...0,4 мм.

Подачу доцільно призначати максимально можливою з метою підвищення продуктивності праці з урахуванням всіх факторів, що впливають на її величину.

На практиці подача звичайно надається з таблиць довідників з режимів різання, складених на основі досвіду роботи передових машинобудівних заводів. За чорнової (грубої) обробки максимальну подачу можуть обмежувати міцність і жорсткість різального інструмента, заготовки, міцність деталей механізмів верстата.

У випадку напівчистої і чистої обробки максимальну подачу обмежують вимоги до якості обробленої поверхні, тому що чим більша подача, тим більш шорстка оброблена поверхня.

Після визначення глибини різання і подачі за відомої стійкості інструмента визначається швидкість різання V за формулами, що наводяться у довідниках з режимів різання.

1.4 Токарні різці та їх застосування

Для обробки заготовки на токарно-гвинторізних верстатах застосовують різноманітні різці, які класифікують за різними ознаками.

За матеріалом різальної частини розрізняють різці з швидкорізальної сталі, твердосплавні (металокерамічні) і мінералокерамічні.

За конструкцією різці поділяють на суцільні і складені. У складених різців різальна частина являє собою пластинку із швидкорізальної сталі, твердого сплаву або іншого високоякісного інструментального матеріалу, яка з'єднана механічно, зварюванням або паянням з державкою різця, виконаною з вуглецевої сталі.

За розташуванням головної різальної кромки різці поділяють на праві і ліві. Правим називається різець 2 (рис. 37), у якого головна різальна кромка знаходиться з боку великого пальця правої руки, накладеної долонею зверху на різець таким чином, що пальці напрямлені до вершини різця. На верстаті такі різці (9, 10) працюють у разі подачі справа наліво (до передньої бабки). Лівим називають різець 1, у якого головна різальна кромка знаходиться з боку великого пальця лівої руки. На верстаті він працює у випадку подачі зліва направо (різець 4).

За виглядом осі різця в плані розрізняють різці прямі 4 і відігнуті 9 (див. також рис. 36, відповідно *a*) і *б*).

За характером обробки різці поділяють на обдирні (чорнові) і чистові.

За призначенням токарні різці поділяють на прохідні, підрізні, від-різні, розточні, різьбові, канавні, фасонні.

Прохідні різці призначені для обточування зовнішніх поверхонь тіл обертання і для підрізання торцевих поверхонь. Прохідні прямі різці використовують переважно для обробки зовнішніх 4 (рис. 37, рис. 36, а) поверхонь.

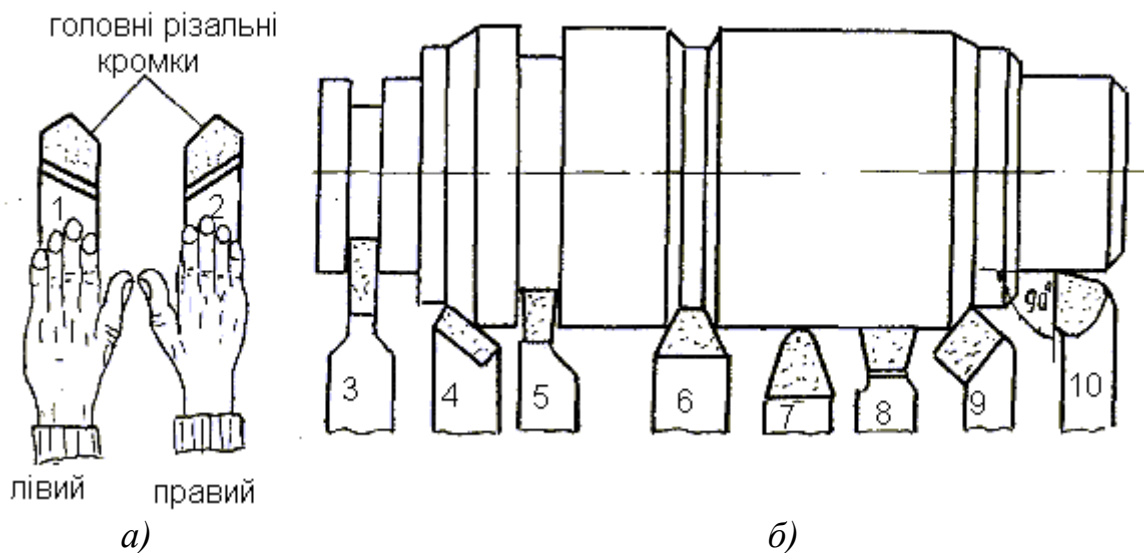


Рисунок 36 – Основні типи різців

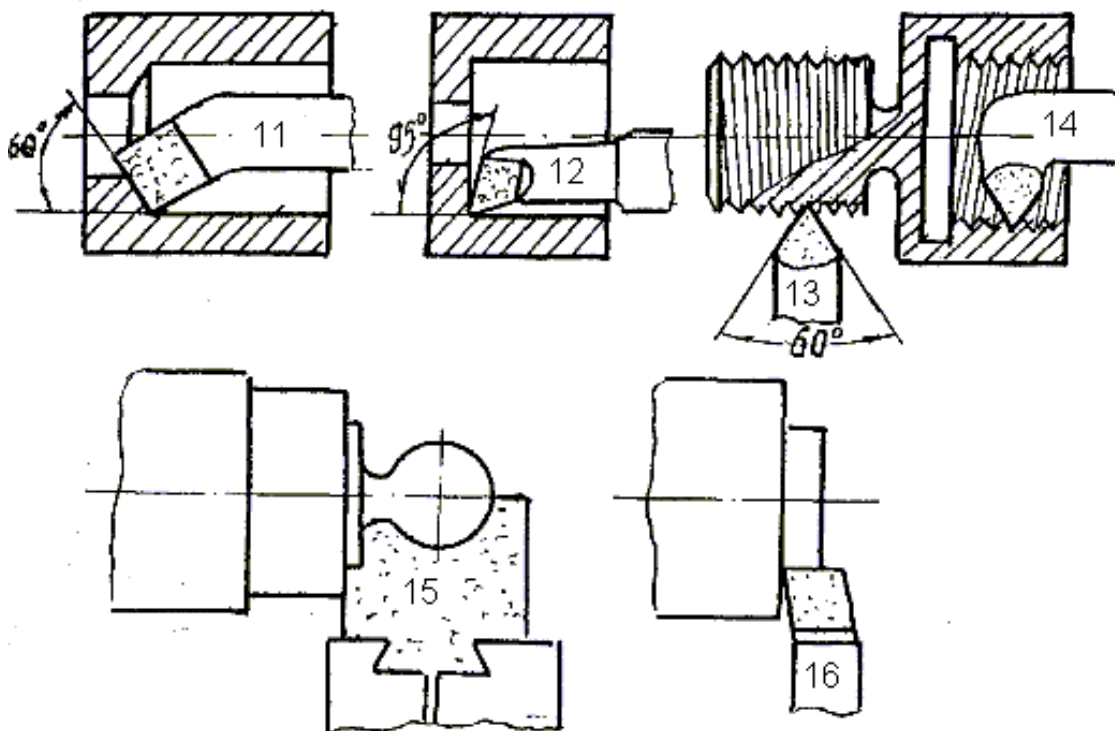


Рисунок 37 – Типи токарних різців (продовження)

Канавкові різці 5, 6 застосовують для прорізання канавок різного профілю (рис. 36, б).

Прохідні відігнуті різці більш універсальні, тому що ними можна обробляти як зовнішні поверхні тіл обертання (9, рис. 36, б), так і підрізати торець (9, рис. 36, б).

Прохідні упорні різці 10 (рис. 36, б) з головним кутом у плані, що дорівнює 90° , застосовують для деталей, у яких обробка циліндричної поверхні має бути закінчена підрізанням невеликого уступу.

Для чистової обробки застосовують різці двох типів: з заокругленою вершиною (7, рис. 36, б) і широкі чистові 8 з прямолінійною головною різальною кромкою. Перші застосовують під час обробки невеликих деталей, другі – великих.

Підрізні торцеві різці 16 (рис. 37) застосовують для обробки торцевих площин.

Відрізні різці 3 застосовують для розрізання заготовки.

Розточувальні різці прохідні 11 та упорні 12 призначені для розточування відповідно до наскрізних і глухих отворів (рис.37).

Різьбові різці 13 та 14 застосовують для нарізання на заготовках відповідно зовнішніх і внутрішніх різьб. Форма різальної частини різця має відповідати формі профілю різьби (трикутна з кутами 60° і 55° , трапецеїдальна, прямокутна та ін.).

Фасонними різцями 15 обробляють фасонні поверхні.

2 ОСНОВНІ РОБОТИ, ЩО ВИКОНУЮТЬСЯ НА ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНИХ ВЕРСТАТАХ

2.1 Обробка циліндричних поверхонь

Циліндричні поверхні обробляють під час поздовжнього переміщення поздовжнього супорта або верхнього супорта. Зовнішні циліндричні поверхні обробляють звичайно прохідними різцями, а внутрішні – розточувальними. Пристосування для закріплення заготовок вибирають залежно від їх форми і розмірів. Заготовку типу вал залежно від відношення її довжини до діаметра рекомендується закріплювати так:

за $l/d < 4$ – в патроні;

за $4 \geq l/d < 10$ – в центрах;

за $l/d > 10 \dots 12$ – в центрах з додатковою опорою заготовки на кулачки рухомого або нерухомого люнета.

2.2 Обробка конічних поверхонь

Конічні поверхні на токарному верстаті можуть бути оброблені одним з таких методів:

- різцем з похило розташованою різальною кромкою;

- за допомогою повороту верхньої каретки супорта (верхнього супорта);
- зміщенням задньої бабки;
- за допомогою копювальної лінійки.

Різцем з похило розташованою різальною кромкою обробляють зовнішні 1 і внутрішні 2 конічні поверхні (рис. 38, а), довжина яких не перевищує 20...25 мм.

За допомогою повороту верхнього супорта обробляють зовнішні і внутрішні конічні поверхні, довжина яких не перевищує довжини ходу верхнього супорта. Напрямні верхнього супорта встановлюють під кутом φ (б, рис. 38, г) до осі обертання заготовки, який дорівнює половині кута при вершині оброблюваного конуса. Подача різця здійснюється вручну.

Методом зміщення корпусу задньої бабки обробляють тільки зовнішні конічні поверхні, у яких довжина твірної порівняно велика, а кут при вершині конуса не перевищує 10...12°. Заготовку в цьому випадку закріплюють у центрах, а корпус задньої бабки зміщують в поперечному напрямі на величину h (рис.38, в):

$$h = L \cdot \sin \varphi,$$

де L – довжина заготовки, мм;

φ – половина кута при вершині конуса.

За допомогою копювальної лінійки можна обробляти зовнішні і внутрішні конічні поверхні великої довжини, кут при вершині у яких не перевищує 25°.

На рис. 38, г показано будову однієї з конструкцій конусної лінійки.

Основою конусної лінійки слугує кронштейн 5, прикріплений болтами до поздовжніх полозків супорта; в кронштейні є поздовжні напрямні у вигляді ластівчиного хвоста для основи лінійки 7. В основу лінійки вкручений стержень 8, який другим кінцем входить в отвір кронштейна 10 і закріплюється в ньому болтом 9.

Кронштейн 10 за допомогою болтів 11 закріплюють на станині верстата. На верхній площині основи лінійки встановлено конусну лінійку 1, в якій зроблено прямокутний паз 6. В пазу знаходиться повзунок 2, з яким за допомогою болта 4 з'єднана тяга 3, другий кінець тяги гвинтами з'єднаний з поперечними полозками супорта.

Під час користування конусною лінійкою поперечні полозки відокремлюють від гвинта поперечної подачі, для чого звичайно гвинт поперечної подачі виймають із супорта. Конусну лінійку встановлюють за однією з шкал, нанесених на кінцях основи лінійки, на кут φ , який дорівнює половині кута при вершині конуса, що обробляється, і закріплюють болтами. За поздовжнього автоматичного або ручного переміщення супорта повзунок 2 і різець переміщуються паралельно твірній оброблюваного конуса. Необхідну глибину різання встановлюють ручним переміщенням верхнього супорта.

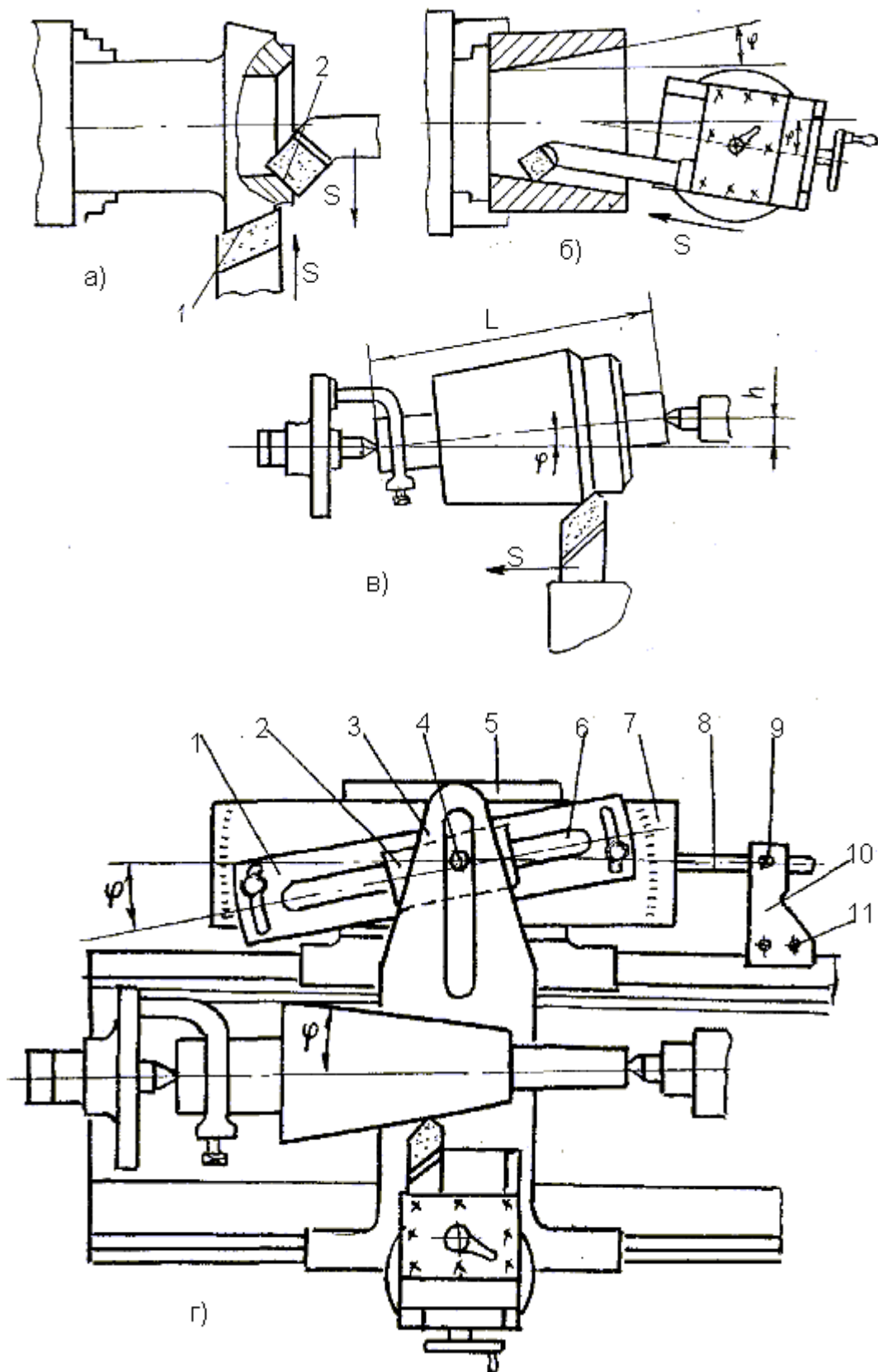


Рисунок 38 – Схеми обробки конічних поверхонь на токарних верстатах

2.3 Нарізання різьби

На токарно-гвинторізних верстатах можна нарізати різні типи різьби у великому діапазоні їх кроків за допомогою токарних різців. Перед нарізанням різьби механізм подачі верстата настроюють таким чином, щоб за кожен оберт шпинделя, а отже, і заготовки різець разом з супортом (який дістає в цьому випадку рух від ходового гвинта) переміщувався б на величину кроку різьби. Це досягається за допомогою коробки подач та гітари. За необхідності нарізання різьби підвищеної точності коробка подач відокремлюється від механізму подачі, а необхідний крок різьби забезпечується налаштуванням тільки однієї гітари змінних зубчастих коліс.

На рис. 37 показано схему нарізання зовнішньої і внутрішньої різьб відповідно різцями 13 і 14.

2.4 Обробка фасонних поверхонь

Фасонні поверхні 2 невеликої довжини на заготовці 1 обробляють фасонним різцем, застосовуючи тільки поперечну подачу (рис. 39, а).

Фасонні поверхні великої довжини обробляють за допомогою копіра. Призначення копіра: передати різцю за допомогою спеціальної слідкувальної системи поперечне переміщення, погоджене з його поздовжнім переміщенням. Застосовують різні слідкувальні системи: механічну, гідравлічну, електромеханічну та ін. Як приклад на рис. 39, б) показано схему обробки фасонної поверхні 2 за допомогою копіра 5 з механічною слідкувальною системою. Копір 5 закріплений на кронштейні 6, який болтами прикріплений до станини верстата. В копірі зроблено криволінійний паз за формою твірної поверхні, що обробляється. В паз входить ролик 7, вільно насаджений на осі 4, яка закріплена в тязі 3, з'єднаній жорстко з поперечними полозками супорта. Гвинт поперечної подачі має бути відокремлений від поперечних полозків. За поздовжнього переміщення супорта ролик котиться по криволінійному пазу і механічно через тягу переміщує в поперечному напрямі супорт разом з різцем 1, вершина якого водночас переміщується еквідистантно криволінійній твірній поверхні, що обробляється. Встановлюють різець на глибину різання за допомогою верхніх полозків, для чого поворотний круг закріплюють так, щоб напрямні верхніх полозків були перпендикулярні до напрямних станини.

3 ХІД РОБОТИ

1. Вивчити принцип роботи та будову токарно-гвинторізного верстата: розташування та призначення головних вузлів та механізмів, рукояток управління.
2. Вивчити конструкцію та типи токарних різців, їх призначення.
3. Вивчити методи обробки різних поверхонь на токарних верстатах.
4. Виконати точіння заготовки діаметром D , розрахувавши за вказаною швидкістю різання необхідну частоту обертів шпинделя. За вимірним часом обробки знайти подачу.
5. Скласти звіт про роботу.

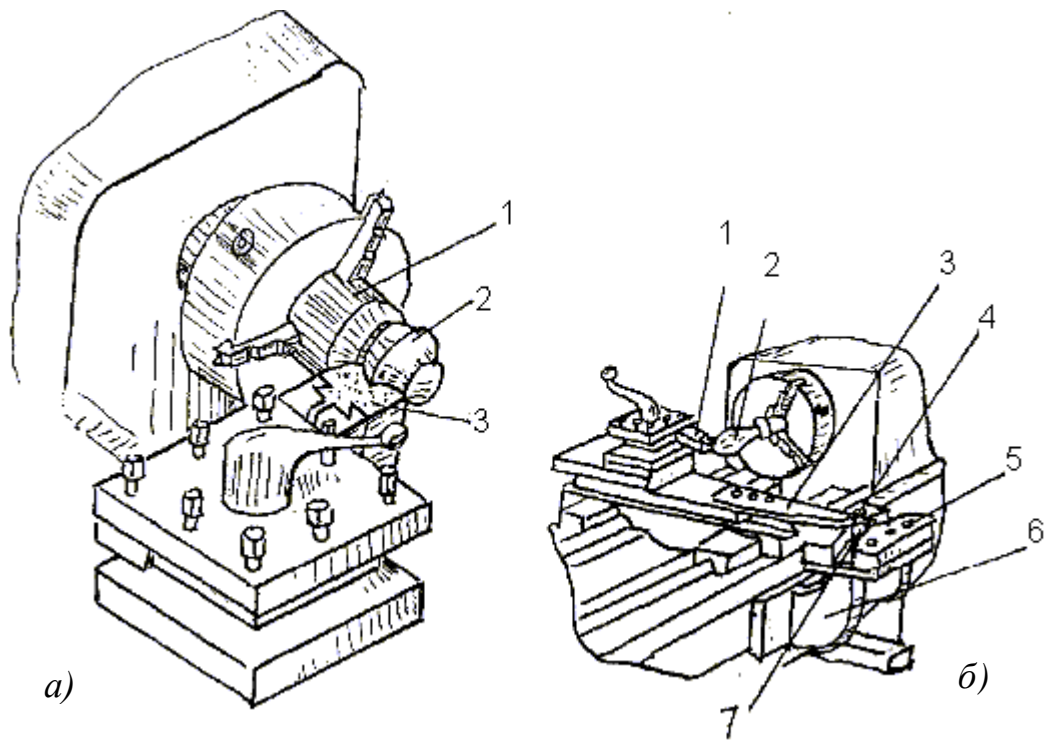


Рисунок 39 – Схеми обробки фасонних поверхонь на токарному верстаті різцем:
а) – фасонним; б) – прохідним за допомогою копіювальної лінійки

4 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт з лабораторної роботи має містити:

1. Короткі теоретичні відомості про обробку на токарних верстатах.
2. Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстата з позначеннями. Ескізи токарних різців і схеми обробки різних поверхонь.
3. Розрахунки частот обертання шпинделя, подачі (або швидкості різання і часу обробки за вказаними частотою обертання і подачею).
4. Висновки про роботу.

5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Призначення токарних верстатів. Типи токарних верстатів.
2. Призначення основних вузлів і механізмів токарно-гвинторізного верстата. Рухи під час токарної обробки.
3. Режим різання під час точіння.
4. Порядок розрахунку елементів режиму різання у випадку точіння.
5. Методи обробки конічних поверхонь на токарних верстатах.
6. Методи нарізання різьби на токарно-гвинторізних верстатах.
7. Способи закріплення заготовок на токарних верстатах.
8. Методи обробки фасонних поверхонь на токарних верстатах.

Лабораторна робота № 9

Обробка отворів на свердлильних верстатах

Мета роботи: вивчити типові способи обробки отворів, інструмент, що застосовується, основні типи свердлильних верстатів; навчитися вибирати режими різання процесів обробки отворів; набути навичок роботи на вертикально-свердлильних верстатах.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Обробка заготовок на свердлильних верстатах – поширений метод отримання отворів з різною точністю розмірів і шорсткістю поверхні. Процес різання здійснюється за рахунок обертального руху інструмента або заготовки (головного руху) і одночасного переміщення інструмента вздовж осі (руху подачі).

На свердлильних верстатах отримують отвори як в суцільному матеріалі, так і збільшують діаметр готових отворів (литих, штампованих, попередньо просвердлених).

На свердлильних верстатах виконують такі основні технологічні процеси:

свердління глухих і наскрізних отворів у суцільному матеріалі за допомогою свердел як по розмітці, так і по кондукторах (рис. 40, а). Свердління як закінчена операція виконується тоді, коли точність отвору не перевищує 12 квалітету, а шорсткість – 3...4 класів;

розсвердлювання (рис. 40, б) - процес збільшення свердлом діаметра наявних отворів, головним чином просвердлених. Отвори, одержані литтям, штампуванням, розсвердлювати не рекомендується через сильне відхилення свердла внаслідок неправильної форми отворів або незбігу центра отвору з віссю свердла;

зенкерування (рис. 40, в) - процес обробки циліндричних литих, штампованих або попередньо просвердлених отворів зенкером для надання їм правильної геометричної форми, потрібних розмірів і необхідної шорсткості поверхні;

розточування отворів (рис. 40, г, д) – здійснюється різцями у тих випадках, коли осі їх повинні бути розташовані за точними координатами;

розвертання (рис. 40, е, ж) – процес остаточної обробки отворів розвертками з метою надання їм точних розмірів і високої чистоти поверхні;

зенкування (рис.40, а, к) – процес одержання циліндричних або конічних заглиблень у попередньо просвердлених отворах під головки болтів, гвинтів і інших деталей за допомогою циліндричних і конічних зенкерів (зенківок);

цекування – обробка торцевих поверхонь під гайки, шайби, кільця пластинками або торцевими зенкерами (рис. 40, л,м);

нарізання різьби в отворах може здійснюватися на свердлильних верстатах гайкорізами (рис. 40, н).

При нарізанні різьби в глухих отворах верстат повинен мати пристрій для реверсивного (зворотного) обертання шпинделя для викручування гайкоріза з нарізаного отвору. З цією метою застосовують також спеціальні патрони, що дають змогу змінювати напрям обертання гайкоріза без зміни напрямку обертання шпинделя верстата.

Найбільш поширеною схемою обробки отворів свердлами, зенкерами, розвертками є така, коли головний рух надається інструменту. Однак при цьому вісь отвору може відхилитися вбік. Це відхилення зростає із збільшенням глибини отвору. Тому при свердлінні глибоких отворів, у яких глибина перевищує діаметр у 5 і більше разів, обертального руху надають заготовці, а поступального – свердлу. При цьому відхилення осі отвору вбік значно зменшується.

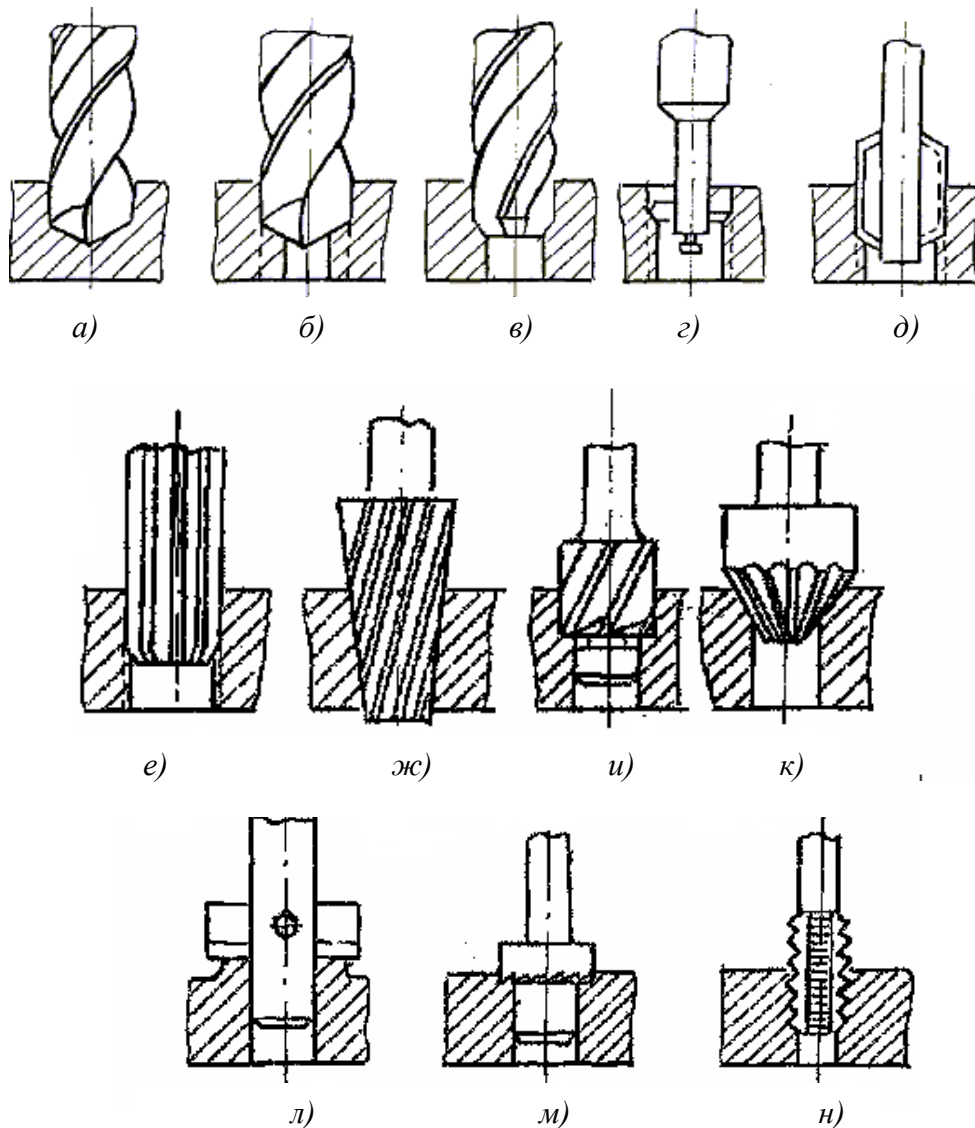


Рисунок 40 – Схеми одержання і обробки отворів на свердлильних верстатах

1.2 Різальний інструмент

1.2.1 Свердла

Свердла виготовляють діаметром від 0,1 до 200 мм. Розрізняють такі основні типи сверدل:

- *перові* (рис. 41, а), що являють собою стержень або закріплювану в оправці пластинку з різальними кромками, заточеними під кутом $2\varphi = 80\dots150^\circ$. Застосовують їх рідко, переважно для свердління отворів у твердих поковках і виливках та для обробки ступінчастих отворів;
- *спіральні* (рис. 41, б), які широко застосовують під час роботи на свердлильних та інших верстатах для отримання отворів. Величина кута між головними різальними кромками, утвореними перетином передніх і задніх поверхонь, у випадках обробки сталі і чавуну вибирається $2\varphi = 118^\circ$, для свердління м'яких і в'язких матеріалів (алюмінію, магнію) $2\varphi = 80\dots90^\circ$, для свердління твердих і крихких матеріалів – $2\varphi = 130\dots140^\circ$.

Для свердління отворів у твердому чавуні, загартованій сталі і інших матеріалах підвищеної твердості значного поширення набули спіральні свердла, оснащені пластинками з твердих сплавів, що дає змогу значно підвищувати режими різання і продуктивність праці;

- свердла для глибокого свердління (рис. 41, в), що використовуються під час свердління отворів діаметром до 80 мм, глибина яких перевищує діаметр в 5 і більше разів;
- *центрувальні* (рис. 41, г), які слугують для одержання центрових отворів у деталях машин, що обробляються в центрах на токарних верстатах;

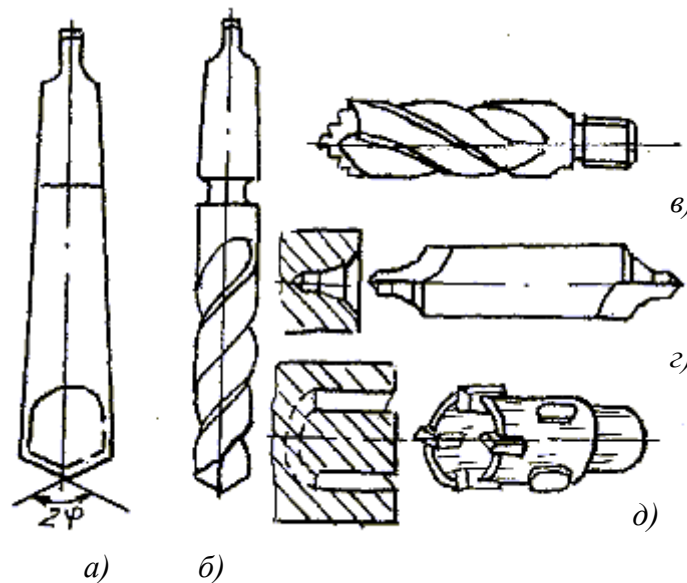


Рисунок 41 – Свердла

- свердла для кільцевого свердління (рис. 41, *д*), що застосовуються під час свердління глибоких отворів діаметром від 90 до 200 мм. У випадку кільцевого свердління в стружку відходить тільки вузька кільцева частина матеріалу, а серцевина залишається суцільною і може бути використана.

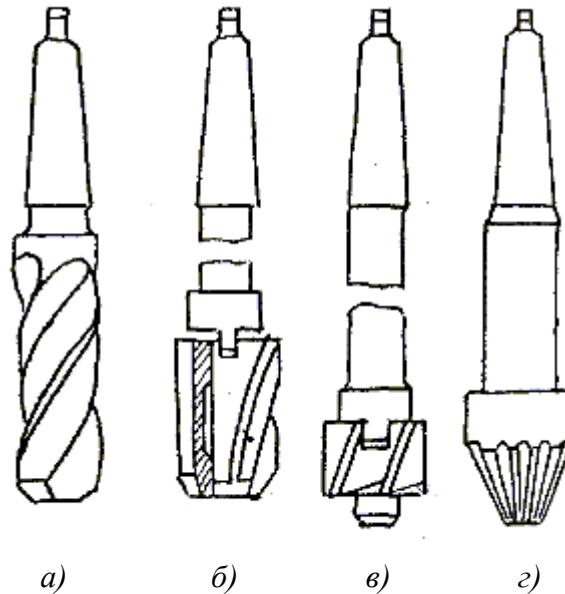


Рисунок 42 – Типи зенкерів

1.2.2 Зенкери

Залежно від призначення розрізняють такі основні типи зенкерів:

а) спіральні (рис. 42, *а, б*), що застосовують для обробки наскрізних отворів;

б) циліндричні – з напрямною цапфою (рис. 42, *в*), які слугують для обробки торцевих площин або отворів під циліндричні головки гвинтів;

в) конічні (зенківки) (рис. 42, *г*) що застосовують для зенкування конічних заглиблень у циліндричних отворах.

За способами кріплення розрізняють зенкери хвостові (рис. 42, *а*) і насадні (рис. 42, *б*).

Зенкери виготовляють суцільними, з напаяними пластинками і збірними з вставними ножами.

Наявність більшої кількості зубців порівняно зі свердлом підвищує стійкість і продуктивність зенкерів, а також точність отворів і чистоту їх поверхні.

Зенкерування отворів – більш продуктивна операція, ніж розсвердлювання, оскільки може здійснюватися з подачами в 2...2,5 раза більшими, ніж свердління; воно забезпечує отримання отворів 9...11 квалітетів і 4...5 класів шорсткості поверхні.

1.2.3 Розвертки

Залежно від способу застосування розвертки поділяються на ручні і машинні.

За конструктивними особливостями розвертки поділяються на хвостові і насадні, суцільні та зі вставними ножами.

За формою оброблюваного отвору розрізняють розвертки циліндричні, конічні і ступінчасті.

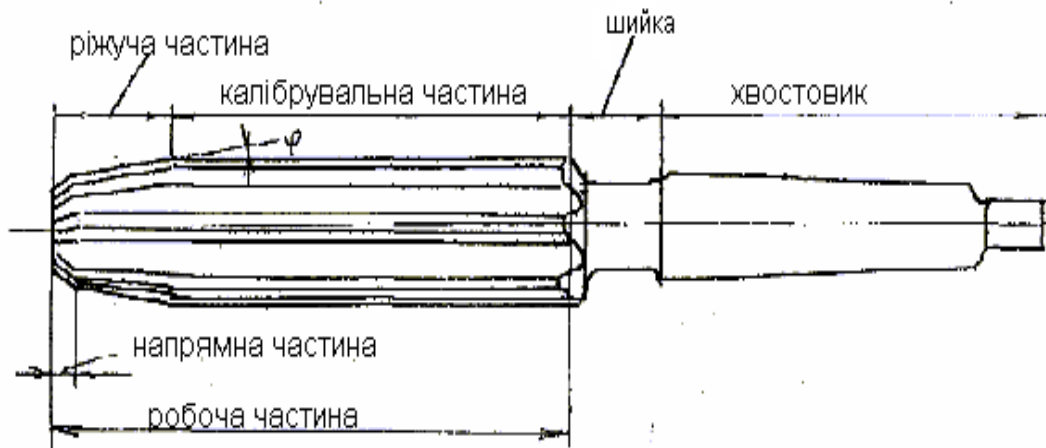


Рисунок 43 – Розвертка

Розвертка складається з робочої частини, шийки і хвостовика (рис. 43). В робочу частину входять різальна і калібрувальна частини. Різальна частина виконує основну роботу різання. Кут φ для ручних розверток вибирають таким, що дорівнює $1... 2^\circ$, а у машинних для обробки крихких і твердих матеріалів $\varphi = 3...5^\circ$ і для в'язких матеріалів – $12...15^\circ$.

Калібрувальна частина спрямовує розвертку в отворі, надає йому потрібної точності і шорсткості поверхні.

Число зубців розверток від 6 до 12 і більше. За допомогою розверток одержують отвори 7...11 квалітетів і 7...9 класів шорсткості.

1.3 Режими різання

Під час свердління глибина різання дорівнює половині діаметра отвору D :

$$t = D/2, \text{ мм},$$

Під час розсвердлювання, розвертання і зенкерування глибина різання

$$t = (D - d)/2, \text{ мм},$$

де D – діаметр отвору після обробки, мм;

d – діаметр отвору до обробки, мм.

Величину подачі під час свердління визначають за емпіричною формулою

$$S = CD^{0,6}, \text{ мм/об,}$$

де C – коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що обробляється, точності і шорсткості поверхні отвору. Значення C беруть з довідників.

У разі зенкерування величина подачі вибирається приблизно в 2...2.5 рази більша, ніж за свердління. Залежно від оброблюваного матеріалу, діаметра зенкера і точності отвору вона змінюється в межах від 0,2 до 3,4 мм/об.

В процесі розвертання величина подачі може змінюватися від 0,2 до 7,5 мм/об. За чистового розвертання точних отворів подача не має перевищувати 1...1,5 мм/об.

Швидкість різання під час обробки отворів

$$V = \pi Dn / 1000, \text{ м/хв,}$$

де D – діаметр різального інструменту, мм;

n – кількість його обертів за хвилину.

1.4 Свердлильні верстати

Свердлильні верстати поділяються на такі основні типи:

1. *Вертикально-свердлильні* – найпоширеніші верстати, що застосовуються в одиничному і серійному виробництві. Основною характеристикою їх є найбільший діаметр отвору, який можна свердлити на них в сталі середньої твердості. Цей діаметр в сучасних вертикально-свердлильних верстатах становить 6, 12, 18, 25, 35, 50 і 75 мм.

Загальний вигляд вертикально-свердлильного верстата показано на рис. 44. Він складається з фундаментної плити 7, станини 6, коробки швидкостей 4, шпинделя 2, коробки подач 3 і стола 1, на якому встановлюється оброблювана деталь. Для закріплення деталей на столі верстата застосовують універсальні і спеціальні пристрої. До універсальних затискних пристроїв відносяться притискні планки, призми, машинні лещата, кутники. Для забезпечення правильного положення інструмента відносно осі оброблюваного отвору і спрямування його під час роботи застосовують спеціальні пристрої – кондуктори.

2. *Радіально-свердлильні* верстати призначені для оброблення отворів у великих і важких деталях. Загальний вигляд такого верстата показано на рис. 45. Навколо нерухомої колони 2, закріпленої на фундаментній плиті 1, може повертатися на кут 360° гільза 3, по якій за допомогою електродви-

гуна 5, зубчастої передачі і гвинта 6 може переміщуватися вгору і вниз і закріплюватися у потрібному положенні траверса 4. По напрямних траверси вручну переміщується шпindelна головка 8, всередині якої вміщена коробка швидкостей і коробка подач, за допомогою яких шпindel 9 дістає обертання і осьову подачу. В кінці отворі шпинделя закріплюється різальний інструмент. Оброблюваний виріб встановлюється на плиті 1 або на столі 10.

Внаслідок переміщення шпindelної головки по траверсі і обертання траверси вісь шпинделя можна встановити в будь-якій точці площини, обмеженої колами, радіуси яких дорівнюють найбільшій і найменшій відстані осі шпинделя від осі колони 2. Таким чином, під час обробки отворів у великих і важких деталях в процесі переходу від одного отвору до іншого не потрібно пересувати деталь, а у відповідне місце переміщується шпindel верстата.

3. *Багатошпindelні свердлильні* – мають кілька шпindelів, взаємне розташування яких може бути постійним або змінюватися залежно від оброблюваної деталі. Ці верстати широко застосовуються в серійному і масовому виробництві.

4. *Горизонтально-свердлильні* – застосовуються для свердління глибоких отворів. В цих верстатах обертається оброблювана деталь, а свердло має лише поздовжню подачу.

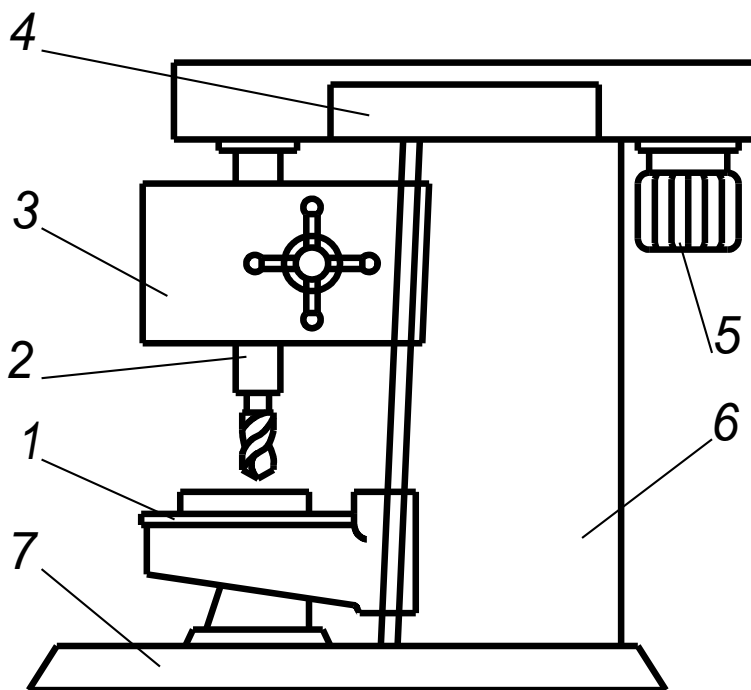


Рисунок 44 – Загальний вигляд вертикально-свердлильного верстата

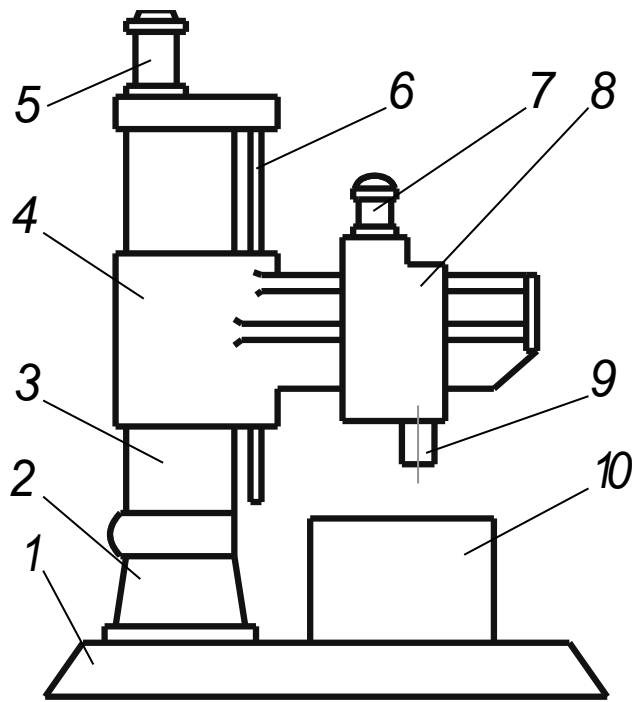


Рисунок 45 – Загальний вигляд радіально-свердлильного верстата

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити методи, інструмент та технологію обробки отворів на свердлильних верстатах.
2. Ознайомитись з конструкцією, принципом роботи, призначенням рукояток управління вертикально-свердлильного верстата.
3. Виконати розрахунки режиму різання за свердління, зенкерування та розвертання за заданими викладачем вхідними даними.
4. Виконати обробку отворів свердлінням, зенкеруванням, розвертанням.
5. Скласти звіт про роботу.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про виконану роботу має містити:

1. Короткі теоретичні відомості про обробку отворів на свердлильних верстатах.
2. Схеми обробки поверхонь на свердлильних верстатах.
3. Ескізи різального інструмента для обробки отворів (свердел, зенкерів, розверток).
4. Ескіз загального вигляду вертикально-свердлильного верстата.
5. Розрахунки режимів різання за вказаними даними.
6. Описання ходу та результатів виконаної роботи з обробки отворів.
7. Висновки про роботу.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Методи обробки отворів.
2. Інструмент для обробки отворів.
3. Верстати, на яких обробляють отвори.
4. Операції, які виконуються на свердлильних верстатах.
5. Особливості обробки глибоких отворів.
6. Точність і якість поверхні отворів, оброблених різними способами.
7. Елементи режиму різання під час свердління, зенкерування, розвертання.
8. Порядок призначення елементів режиму різання.
9. Особливості обробки отворів у великих та важких деталях.

Лабораторна робота № 10

Обробка поверхонь на фрезерних верстатах

Мета роботи: вивчити типові способи обробки поверхонь, різальний інструмент та обладнання для фрезерування; набути практичних навичок з обробки заготовок на фрезерних верстатах.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Фрезеруванням називається технологічний метод обробки поверхонь заготовок різанням, за якого різальний інструмент – фреза – виконує обертальний (головний) рух, а заготовка, що обробляється, – поступальний рух подачі.

Фрезерування – це високопродуктивний і поширений у машинобудуванні метод обробки поверхонь заготовок багатолезовим різальним інструментом – фрезою.

На фрезерних верстатах обробляють горизонтальні, вертикальні та похилі поверхні, фасонні поверхні, пази різного профілю.

Технологічний метод формоутворення поверхонь фрезеруванням визначається головним обертальним рухом інструмента і, зазвичай, поступальним рухом подачі заготовки. Подачею може бути і обертальний рух заготовки навкруги осі стола, який обертається.

Фреза - ріжучий інструмент, що являє собою тіло обертання, на твірній або торцевій поверхні якого, або на обох цих поверхнях розташовані ріжучі зубці.

Фрезерування - один з дуже продуктивних і поширених методів обробки різанням. Цим методом обробляють площини, фасонні поверхні, пази, канавки, нарізають зубці в зубчастих колесах, різьби тощо.

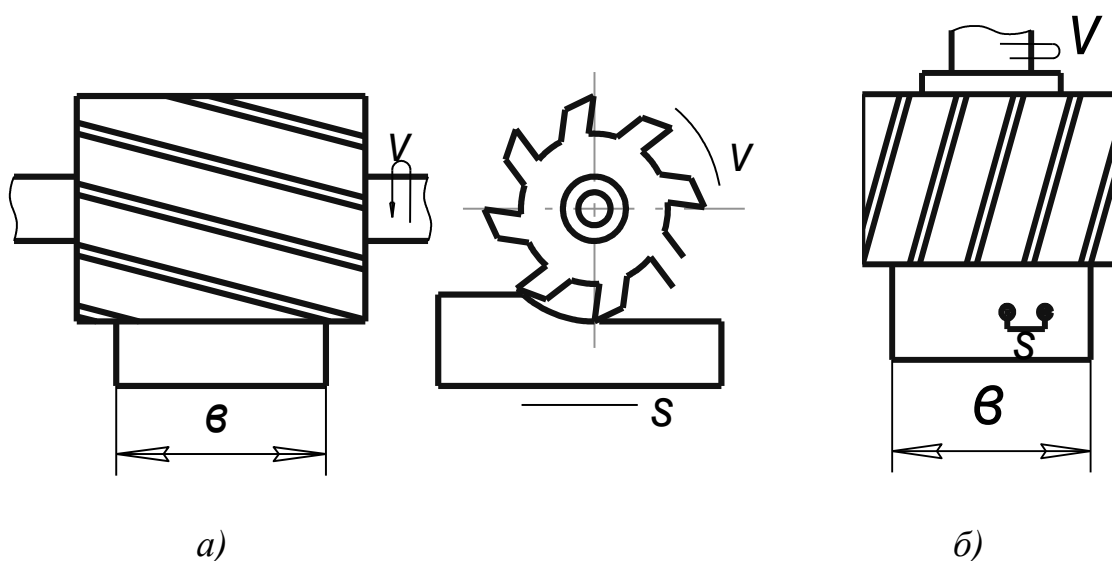


Рисунок 46 – Схеми фрезерування площин фрезою:

а) – циліндричною; б) – торцевою

Точність обробки і шорсткість обробленої поверхні під час фрезерування залежать від типу верстата, застосовуваних фрез, режимів різання і інших факторів та можуть досягати 9...11 квалітетів і 7...8 класів шорсткості поверхні.

На рис. 46 показано схеми обробки площин циліндричною і торцевою фрезами. Ці види фрезерування є найбільш поширеними.

1.1 Типи фрез і основні види фрезерних робіт

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

За конструктивними ознаками фрези поділяють на суцільні та зі вставними зубцями (ножами). Залежно від способу кріплення фрез на верстаті розрізняють фрези насадні, які мають отвір і закріплюються на оправці, і фрези кінцеві з конічним або циліндричним хвостовиком.

Горизонтальні площини обробляють циліндричними фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах або торцевими фрезами на вертикально-фрезерних і поздовжньо-фрезерних верстатах (рис. 47, а, б).

Найбільш продуктивною є обробка площин торцевими фрезами, оснащеними пластинками з твердих сплавів.

Вертикальні площини обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах торцевими (рис. 47, в) або дисковими (рис. 47, д) фрезами, на вертикально-фрезерних – кінцевими фрезами (рис. 47, з).

Похилі площини обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах кутовими фрезами (рис. 47, д) або на вертикально-фрезерних верстатах з поворотною голівкою – торцевими. У цьому випадку шпиндель верстата повертають на потрібний кут (рис. 47, е).

Прямокутні пази фрезерують дисковими фрезами на горизонтально-фрезерних або кінцевими фрезами – на вертикально-фрезерних верстатах (рис. 47, ж, і, п).

Пази Т-подібні і типу ластівчиного хвоста фрезерують на вертикально-фрезерних верстатах фрезами відповідного профілю (рис. 47, и, к).

Шпонкові канавки прямокутного перерізу обробляють на вертикально-фрезерних верстатах кінцевими (рис. 47, м) або спеціальними шпонковими фрезами (рис. 47, н), або на горизонтально-фрезерних верстатах – дисковими фрезами (рис. 47, л).

Фасонні поверхні обробляють фасонними фрезами відповідного профілю найчастіше на горизонтально-фрезерних верстатах (рис. 47, р), а складні просторові фасонні поверхні – на спеціальних копіювально-фрезерних верстатах.

Складні поверхні, що є сполученням горизонтальних, вертикальних і похилих площин, часто фрезерують набором фрез на горизонтально-фрезерних і поздовжньо-фрезерних верстатах (рис. 47, с).

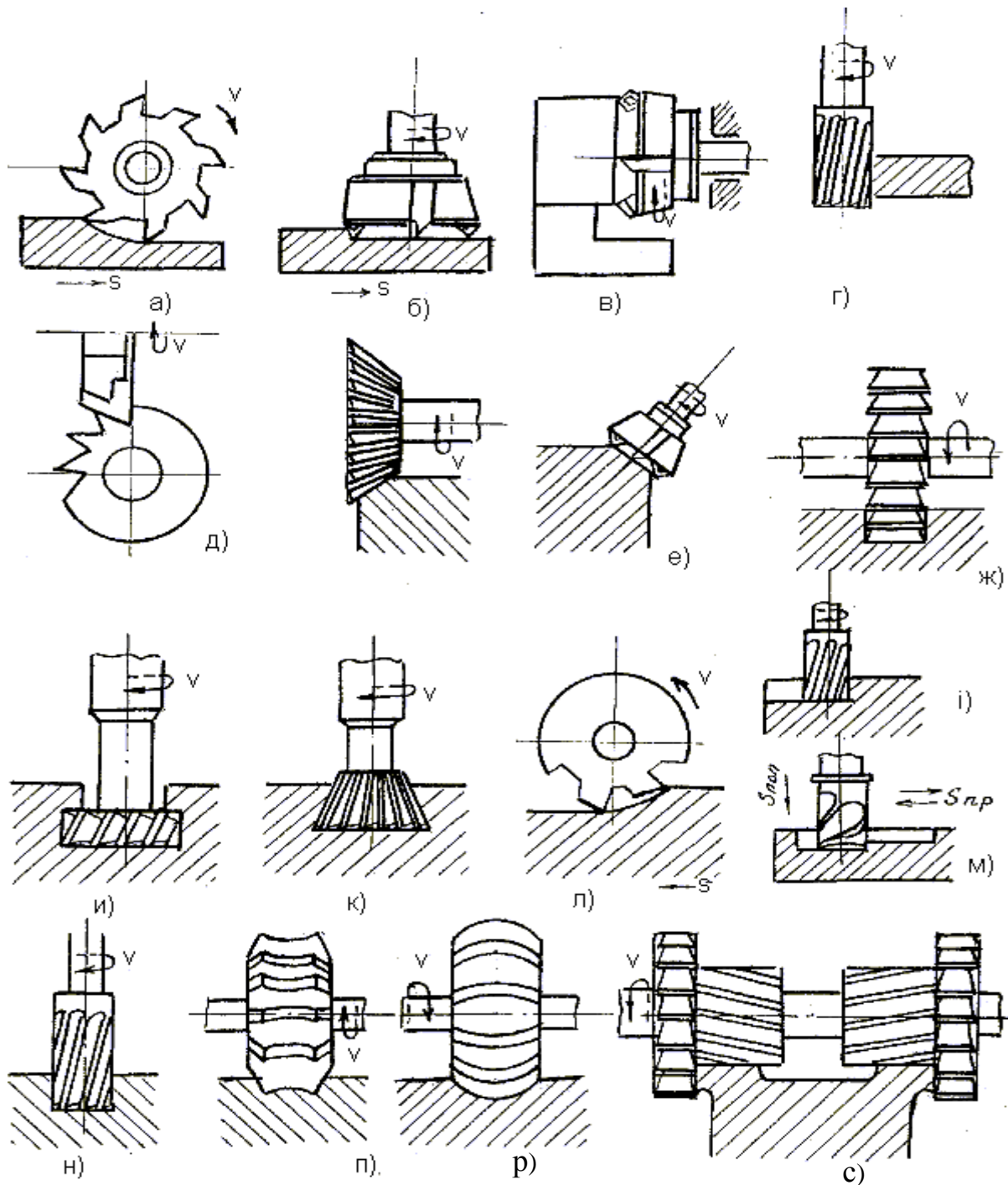


Рисунок 47 – Приклади робіт, що виконуються на фрезерних верстатах

1.2 Типи фрезерних верстатів

Існує велика кількість типів фрезерних верстатів як універсальних широкого призначення, так і спеціалізованих, наприклад, шпонко-фрезерні, різьбо-фрезерні тощо. Найбільш поширеними є консольні горизонтально-фрезерні та вертикально-фрезерні верстати.

Консольними фрезерні верстати називають тому, що стіл їх розташований на консольній балці, яка може переміщуватись по вертикальних на-

прямних станини. На цих верстатах виконують різні фрезерні роботи, вони є найбільш поширеними фрезерними верстатами.

На рис. 48 показано схеми горизонтально-фрезерного та вертикально-фрезерного верстатів. Основні вузли верстатів – фундаментна плита 1, станина 2, електродвигун з клинопасовою передачею 3, коробка швидкостей 4, шпиндель 5, хобот 6, підвіски 7 для закріплення оправки з фрезою, стіл 8, поперечні полозки 9, консоль 10, коробка подач 11.

Оброблювана деталь встановлюється на столі, який може переміщуватися в поздовжньому, поперечному, а також разом з консоллю у вертикальному напрямках.

Деякі горизонтально- та вертикально-фрезерні верстати мають стіл, який може бути повернутий в горизонтальній площині на кут $\pm 45^\circ$. Такі верстати називаються універсально-фрезерними.

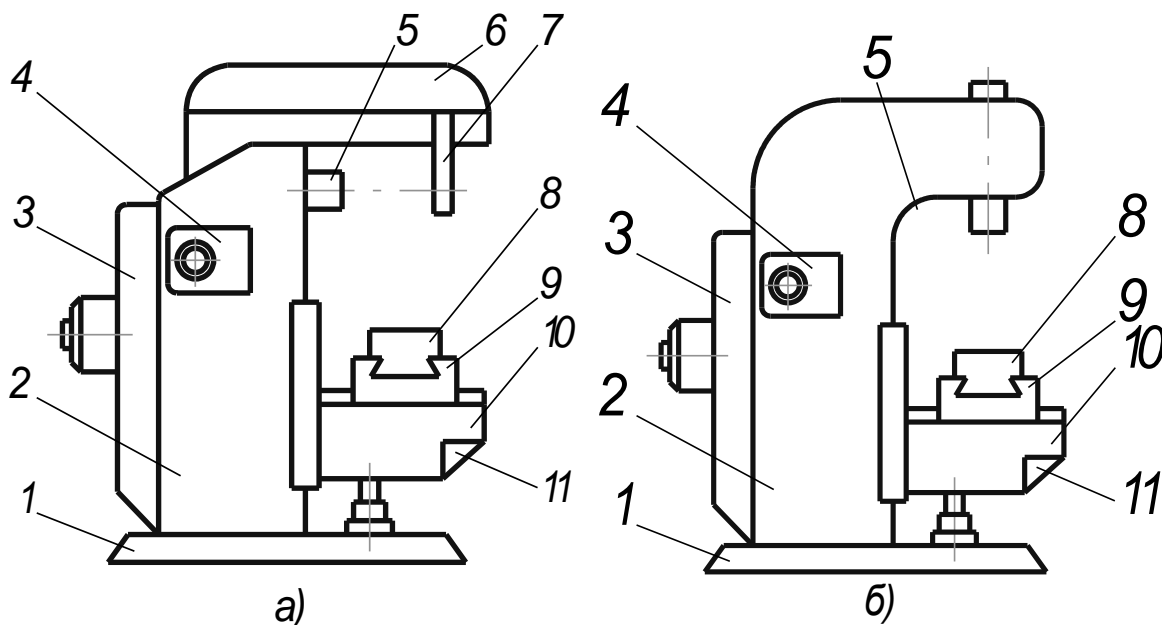


Рисунок 48 – Схеми горизонтально-фрезерного (а) та вертикально-фрезерного (б) верстатів

1.3 Режими різання під час фрезерування

Від правильного вибору елементів режиму різання – глибини різання, подачі і швидкості різання – залежить продуктивність процесу фрезерування, точність і шорсткість обробленої поверхні, потрібна потужність верстата. Під час встановлення оптимального режиму різання насамперед визначають глибину різання, потім – найбільшу технологічно допустиму подачу i , нарешті, за прийнятими значеннями t і S швидкість різання. У разі фрезерування розрізняють хвилинну подачу $S_{xв}$ – переміщення оброблюваної деталі $мм/хв$; подачу за оберт S_0 – переміщення деталі за один оберт фрези, $мм$; подачу на зубець S_z – переміщення деталі під час повороту фрези на кут між двома сусідніми зубцями, $мм/зуб$.

$$S_{xв} = S_o n = S_z Z n.$$

Швидкість різання V – колова швидкість найбільш віддаленої від осі обертання точки різальної кромки фрези:

$$V = \pi D n / 1000 \text{ м/хв},$$

де D – зовнішній діаметр фрези, *мм*.

До елементів режиму різання в процесі фрезерування відноситься також ширина фрезерування B – довжина поверхні контакту фрези з оброблюваною заготовкою, виміряна в напрямі, перпендикулярному до напрямку подачі (див. рис. 46).

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію наявного в лабораторії фрезерного верстата, його основні вузли і роботу.
2. Ознайомитися з основними типами фрез, способом їх кріплення на цьому верстаті; ознайомитися з основними операціями обробки заготовок на фрезерних верстатах.
3. За індивідуальним завданням (табл. 9) налаштувати верстат для обробки деталі. За заданою швидкістю різання і діаметром фрези визначити необхідну частоту обертання шпинделя верстата.

Таблиця 9 – Варіанти завдань

| Варіант | Швидкість різання, <i>м/хв</i> | Подача, <i>мм/зуб</i> | Глибина різання, <i>мм</i> | Діаметр фрези, <i>мм</i> | Число зуб- ців фрези |
|---------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 15,7 | 0,01 | 1 | 120 | 14 |
| 2 | 15,7 | 0,02 | 1 | 120 | 12 |
| 3 | 15,7 | 0,04 | 1 | 160 | 14 |
| 4 | 31,4 | 0,05 | 1 | 140 | 14 |
| 5 | 31,4 | 0,06 | 2 | 100 | 10 |
| 6 | 31,4 | 0,07 | 2 | 80 | 10 |
| 7 | 62,8 | 0,1 | 2 | 80 | 12 |
| 8 | 62,8 | 0,2 | 3 | 100 | 14 |
| 9 | 31,4 | 0,3 | 2 | 100 | 12 |
| 10 | 15,7 | 0,08 | 2 | 90 | 12 |
| 11 | 31,4 | 0,05 | 1 | 90 | 14 |
| 12 | 62,8 | 0,06 | 1 | 110 | 16 |
| 13 | 62,8 | 0,02 | 2 | 140 | 18 |
| 14 | 15,7 | 0,05 | 1 | 140 | 16 |
| 15 | 31,4 | 0,06 | 3 | 100 | 12 |

4. Обробити деталь за встановленого режиму.
5. Розрахувати час обробки поверхні, вимірявши її розміри.
6. Скласти звіт про роботу.

7. Обробити деталь за встановленого режиму.
8. Розрахувати час обробки поверхні, вимірявши її розміри.
9. Скласти звіт про роботу.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про виконану роботу має містити:

1. Короткі теоретичні відомості про обробку заготовок на фрезерних верстатах.
2. Схеми обробки поверхонь на фрезерних верстатах.
3. Схему верстата, на якому проводилась лабораторна робота.
4. Розрахунки режимів обробки за індивідуальним завданням.
5. Висновки про роботу.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Основні види рухів під час фрезерування.
2. Типи фрез.
3. Роботи, які виконуються на фрезерних верстатах.
4. Типи фрезерних верстатів.
5. Елементи режиму різання під час фрезерування.
6. Порядок розрахунку елементів режиму різання.

Лабораторна робота № 11

Настроювання ділильних головок

Мета роботи: вивчити конструкцію і методи настроювання універсальної лімбової ділильної головки; отримати навички в практичному застосуванні ділильної головки.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Ділильні головки призначені для здійснення періодичних поворотів заготовки на однакові, а інколи і на неоднакові частки кола. Вони застосовуються під час оброблення різних різальних інструментів: гайкорізів, розверток, фрез, зенкерів тощо; нормалізованих деталей машин: болтів, гайок, зубчастих коліс та інших деталей на верстатах фрезерної та шліфувальної груп.

Існує кілька конструкцій ділильних головок: лімбові, безлімбові, оптичні та інші. Найбільше поширення в промисловості отримали універсальні лімбові ділильні головки УДГ (рис. 49). Вони мають чавунну основу 1, корпус 4, який може повертатися на певний кут у вертикальній площині, ділильний лімб 2, приводну рамку з рукояткою 3. В корпусі розташований шпиндель 6, на передньому кінці якого може встановлюватися пристрій для закріплення деталі.

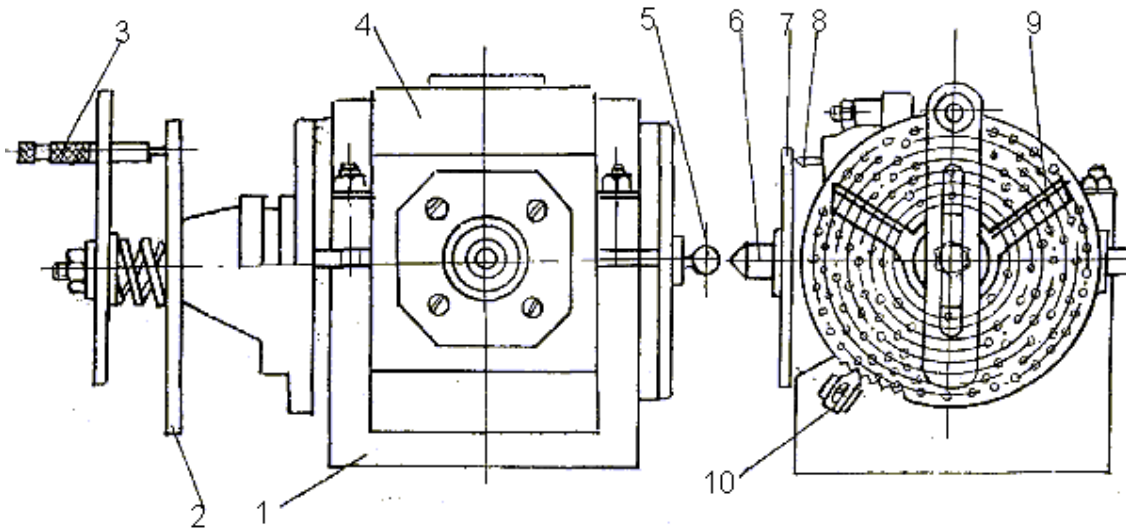


Рисунок 49 – Загальний вигляд універсальної лімбової ділильної головки

На шпинделі є диск 7 для безпосереднього ділення, який має 360 поділок. Таким чином, ціна поділки 1° . В деяких конструкціях УДГ диск 7 має 24 отвори.

На шпинделі закріплене черв'ячне колесо Z_0 (рис. 50), яке одержує обертання від черв'яка К, розташованого в ексцентричній втулці. Черв'як

може бути введеним в зачеплення з черв'ячним колесом або виведеним з нього поворотом ексцентричної втулки за допомогою рукоятки 5 (див. рис. 49). Ділильний лімб 2 має з обох боків ряд концентричних кіл з різною кількістю глухих отворів, розташованих на цих колах. Так, з одного боку лімба числа отворів 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31 і з іншого 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54. На валу ділильного лімба встановлено конічну шестерню, а також приводну рамку, що має рукоятку з фіксатором, який своїм вістрям може вставлятися в будь-який отвір на лімбі. Приводна рамка може переміщуватися в радіальному напрямі для установа рукоятки на потрібний ряд отворів на лімбі. До ділильного лімба за допомогою пружини притиснутий поворотний сектор з двома розсувними лінійками.

1.1 Настроювання ділильних головок для безпосереднього ділення

Цей вид ділення здійснюється для випадків, що не потребують великої точності ділильних поворотів. Він має обмежене використання. Черв'як виводиться з зачеплення з черв'ячним колесом. Заготовка вручну повертається по шкалі диска 7 на потрібний кут

$$\alpha = 360/Z,$$

де Z – число, на яке потрібно поділити заготовку.

1.2 Настроювання ділильних головок у разі простого ділення (рис. 50)

Цей спосіб найбільш поширений. Ділильний лімб за допомогою спеціального стопора 10 з'єднується з корпусом головки. Черв'як вводиться в зачеплення з черв'ячним колесом. Кількість обертів рукоятки 3 (див. рис. 49), необхідна для обертання шпинделя на $1/Z$ частину кола (Z – число, на яке потрібно поділити заготовку), може бути визначена так:

$$n_p = N/Z,$$

де N – характеристика ділильної головки, що являє собою число обертів рукоятки 3, яке треба зробити, щоб шпиндель головки зробив один повний оберт.

$$N = Z_0/K,$$

де Z_0 – число зубців черв'ячного колеса,

K – число заходів черв'яка.

У ділильних головках УДГ черв'ячне колесо найчастіше має 40 зубців, а черв'як виконаний однозахідним. У цьому випадку

$$N = Z_0 / K = 40 / 1 = 40.$$

Якщо кількість обертів рукоятки n_p – число дробове, то цей дріб потрібно перетворити у такий вигляд:

$$n_p = N / Z = A + a/b = A + am / bm,$$

де A – ціле число обертів рукоятки;

a/b – правильний простий нескоротний дріб;

m – спільний множник для a і b , вибраний таким чином, щоб добуток bm дорівнював одному з чисел отворів, що є на ділильному лімбі;

am – число ділень (кроків), на яке треба повернути рукоятку по колу, що має bm отворів.

Для зручності відлічування по ділильному лімбу використовують поворотний сектор (див. рис. 49), розсувні ніжки якого встановлюються так, щоб число потрібних ділень am було між скошеними краями ніжок. Штифт рукоятки переставляють між першою і другою ніжками, після чого сектор повертають так, щоб його перша ніжка знову торкнулась штифта і тим самим друга вказала границю його чергового переміщення.

Приклад 1. Виконати розрахунки, потрібні для фрезерування зубчастого колеса $Z = 35$, якщо характеристика головки $N = 40$.

Число обертів рукоятки

$$n_p = N/Z = 40 / 35 = 1 + 1 / 7 = 1 + 1 \cdot 3 / 7 \cdot 3 = 1 + 3 / 21.$$

Після фрезерування кожного зубця потрібно рукоятку повернути на повний оберт і 3 відстані між центрами отворів по колу з 21 отвором.

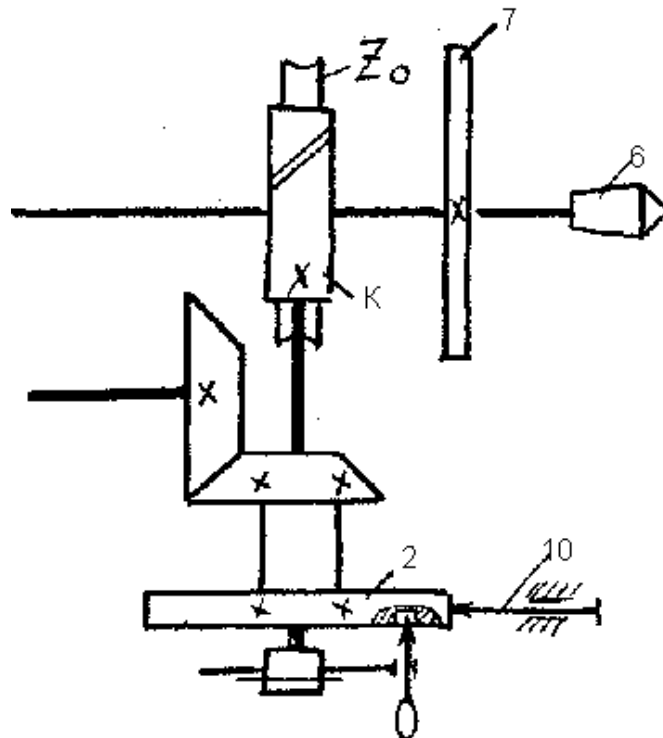


Рисунок 50 – Кінематична схема ділильної головки у разі простого ділення

1.3 Настроювання ділильної головки для диференціального ділення (рис. 51)

Диференціальний метод ділення застосовують у тих випадках, коли неможливо здійснити просте ділення через відсутність необхідного числа

отворів на ділильному лімбі.

Суть цього методу полягає в тому, що потрібний поворот заготовки здійснюється як результат двох рухів:

- 1) обертання рукоятки відносно ділильного лімба;
- 2) додаткового обертання самого ділильного лімба.

Отже, поворот рукоятки здійснюється відносно лімба, який обертається.

Обертання лімба передається від шпинделя через змінні зубчасті колеса гітари з передаточним відношенням $i_2 = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$ і постійну конічну зубчасту передачу. Лімб вивільняється від стопора, що з'єднує його з корпусом головки.

За диференціального ділення для визначення числа обертів n_p рукоятки Z , необхідного для повороту заготовки на $1/Z$ частину кола, застосовують ту саму формулу, що й за простого ділення:

$$n_p = N / Z_{наб}$$

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

У цьому випадку шпиндель головки повернеться на $1/Z_{наб}$ частину обертання замість необхідної $1/Z$ частини. Помилка в повороті шпинделя, яка дорівнює $1/Z - 1/Z_{наб}$, компенсується поворотом самого ділильного лімба, який і має повернутися саме на цю частину кола.

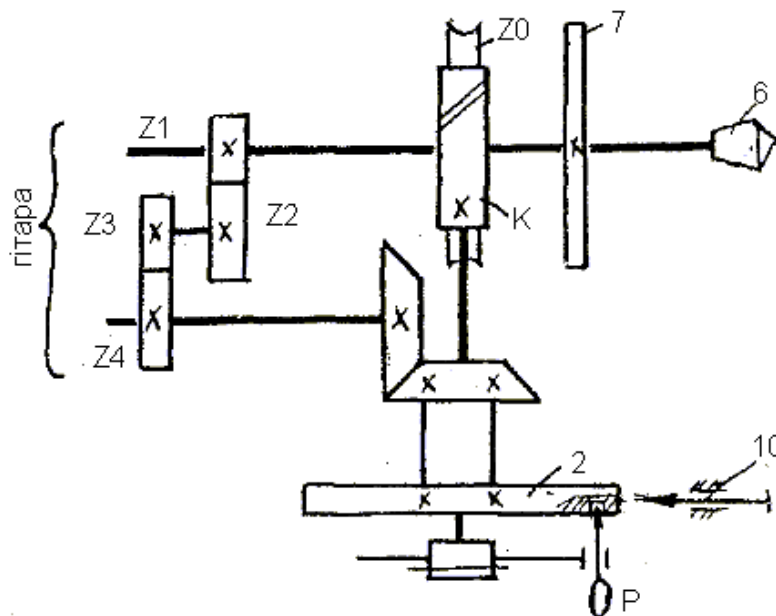


Рисунок 51 – Кінематична схема ділильної головки у разі диференціального ділення

Передаточне відношення змінних коліс гітари визначається за формулою

$$i_2 = N / Z_{наб} (Z_{наб} - Z).$$

Якщо $Z_{наб} < Z$ то i_2 має від'ємне значення. У цьому випадку ділильний лімб має обертатися в бік, протилежний рукоятці, що досягається встановленням проміжного (паразитного) колеса між колесами Z_1 і Z_2 або Z_3 і Z_4 .

Для настроювання гітари, тобто для визначення числа зубців коліс Z_1, Z_2, Z_3 і Z_4 звичайно до ділильних головок надається комплект зубчастих коліс з числами зубців від 20 до 100, кратних 5 (так званий «п'ятковий» набір), який дає змогу підібрати зубчасті колеса для забезпечення будь-якого передаточного відношення.

Приклад 2. Настроїти ділильну головку для фрезерування зубчастого колеса $Z = 67$, якщо характеристика головки $N = 40$. В цьому випадку просто ділення здійснити неможливо, тому що дріб $40/67$ нескоротний, а на ділильному лімбі немає 67 отворів. Ділимо диференціальним методом. Вважаємо $Z_{наб} = 68$, тоді

$$i_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = (N / Z_{наб}) \cdot (Z_{наб} - Z) = (40 / 68) \cdot (68 - 67) = 40/68.$$

Цей дріб потрібно перетворити так, щоб з «п'яткового» набору можна було підібрати зубчасті колеса Z_1, Z_2, Z_3 і Z_4 , маючи на увазі, що в наборі є тільки по одному колесу з певним числом зубців в межах від 20 до 100:

$$\frac{5}{4} \cdot \frac{8}{17} = \frac{25}{20} \cdot \frac{40}{85}$$

$$i_r = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = 40 / 68 = \frac{5}{4} \cdot \frac{8}{17} = \frac{25}{20} \cdot \frac{40}{85}$$

В процесі підбору зубчастих коліс потрібно також враховувати умову зчеплюваності коліс в гітарі: $Z_1 + Z_2 > Z_3$ на 10...15 зубців і $Z_1 + Z_4 > Z_2$ на 10...15 зубців. У нашому прикладі $Z_1 = 25, Z_2 = 20, Z_3 = 40, Z_4 = 85$. $Z_1 + Z_2 > Z_3$, але всього на 5 зубців, що не задовольняє умову зчеплюваності коліс. Тому вибираємо $Z_1 = 75, Z_2 = 60$. Передаточне відношення не зміниться, а умова зчеплюваності буде виконана.

Число обертів рукоятки 3 для здійснення ділильного повороту заготовки $1/68$:

$$n_p = N/Z_{наб} = 40 / 68 = 5 / 17$$

Таким чином, рукоятку 3 необхідно повернути на 5 поділок круга, що має 17 отворів.

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію універсальної лімбової ділильної головки та методи її настроювання.

2. За індивідуальним завданням (табл. 10) настроїти головку на просте та диференціальне ділення. Характеристика головки $N = 40$.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про виконану роботу має містити:

1. Короткі теоретичні відомості про ділильні головки.
2. Кінематичні схеми ділильних головок для простого і диференціального ділення.
3. Розрахунки, необхідні для настроювання головки на просте і диференціальне ділення.

Таблиця 10 – Варіанти завдань

| Варіант | Число ділень | Варіант | Число ділень |
|---------|--------------|---------|--------------|
| 1 | 25, 57 | 9 | 54, 77 |
| 2 | 26, 59 | 10 | 56, 79 |
| 3 | 27, 63 | 11 | 58, 81 |
| 4 | 28, 67 | 12 | 60, 83 |
| 5 | 44, 69 | 13 | 72, 97 |
| 6 | 46, 71 | 14 | 76, 101 |
| 7 | 48, 73 | 15 | 78, 113 |
| 8 | 52, 75 | 16 | 80, 127 |

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Методи поділу на універсальних ділильних головках.
2. Настроювання ділильної головки на фрезерування спіральних канавок.
3. Настроювання ділильної головки для безпосереднього ділення.
4. Настроювання ділильної головки для диференціального ділення.

Лабораторна робота № 12

Обробка заготовок на шліфувальних верстатах

Мета роботи: вивчити особливості шліфування, абразивний інструмент і види робіт, що виконуються на шліфувальних верстатах; навчитися вибирати режими різання під час шліфування.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Шліфуванням називається процес обробки поверхонь абразивним (шліфувальним) інструментом, найчастіше шліфувальними кругами.

Застосовується шліфування переважно для остаточної чистової обробки і є основним методом одержання високої точності і незначної шорсткості оброблюваних поверхонь. Воно дає змогу досягти 5...6 квалітетів точності і 8...10 класів шорсткості. Шліфуванням можна обробляти різні, як дуже м'які, так і найтвердіші матеріали, включно загартовані сталі і тверді сплави. Шліфувати можна поверхні різної форми: плоскі, циліндричні, конічні, фасонні. Згідно з цим застосовують різні методи шліфування, найбільш поширеними з яких є кругле і плоске шліфування.

1.1 Схеми круглого і плоского шліфування

Кругле зовнішнє шліфування може здійснюватись з поздовжньою подачею (рис. 52, *а*) або тільки з поперечною (врізне шліфування), (рис. 52, *б*). В першому випадку поперечна подача $S_{\text{поп}}$ на глибину шліфування t здійснюється шліфувальним кругом в кінці поздовжнього ходу заготовки в напрямі, перпендикулярному до її осі. По другій схемі (рис. 52, *б*) шліфують поверхні, довжина яких менша ширини шліфувального круга. В обох випадках, як і за інших видів шліфування, головний рух з швидкістю $V = 20...40 \text{ м/с}$ здійснює шліфувальний круг. Заготовка обертається з швидкістю V_3 . Цей рух називається коловою подачею.

Схему зовнішнього безцентрового шліфування з поздовжньою подачею показано на рис. 52, *в*). Принцип її полягає в тому, що заготовку 3, яка опирається на упор (ніж) 1, пропускають між двома встановленими на певній відстані один від одного шліфувальними кругами. Один з них – 2, який обертається з великою швидкістю $V_{кр}$ (30...60 м/с), називається шліфувальним.

Другий круг 4, що називається ведучим, обертається з швидкістю $V_{в.к.}$ в багато разів меншою (0,2...1 м/с). Завдяки зрізу ножа заготовка притискується до ведучого круга і внаслідок більшого коефіцієнта тертя між цим кругом і заготовкою вона обертається зі швидкістю, близькою до швидкості ведучого круга.

Оскільки ведучий круг повернутий на кут α (1,5...6° за чорнового і 0,5...1,5° за чистового шліфування), швидкість його обертання $V_{в.к.}$ розкладається на дві складові – V_2 і V_s , заготовка одержує поздовжню подачу вздовж осі з швидкістю $V_s = V_{в.к.} \cdot \sin \alpha$.

Друга складова $V_2 = V_{в.к.} \cdot \cos\alpha$ є швидкістю обертання заготовки (колова подача).

На рис. 52, з), д) показано схеми внутрішнього шліфування. В першому випадку колову подачу одержує заготовка, в другому – шліфувальний круг. Внутрішнє шліфування за схемою рис. 52, д) застосовують у тих випадках, коли заготовці неможливо або надто складно надавати обертового руху.

Плоске шліфування залежно від методу роботи розрізняють периферією плоского (рис. 52, е) або торцем чашкового круга (рис. 52, ж). Закріплена на столі деталь виконує зворотно-поступальний рух поздовжньої подачі $S_{позд}$, шліфувальний круг крім головного руху з швидкістю V здійснює в кінці поздовжнього ходу поперечну подачу $S_{побр}$, а після шліфування всієї площі – вертикальне переміщення на глибину різання t .

У випадках обробки плоских похилих і вертикальних поверхонь використовують конічні чашкові круги (рис. 52, и), к).

1.2 Абразивний інструмент

Абразивним інструментом для шліфування є тверді тіла, що мають правильну геометричну форму і складаються з зерен абразивних матеріалів, скріплених між собою зв'язкою.

За формою шліфувальні круги бувають плоскі прямі (для круглого зовнішнього та внутрішнього плоского шліфування), чашкові циліндричні та чашкові конічні (для плоского шліфування).

Для виготовлення шліфувальних кругів переважно застосовують електрокорунд (кристалічний оксид алюмінію Al_2O_3), карбід кремнію SiC (карборунд) та кубічний нітрид бору (ельбор).

Зерна абразивних матеріалів з'єднуються в одне ціле за допомогою різних неорганічних та органічних зв'язок. У практиці широко використовують з неорганічних – керамічну, а з органічних – бакелітову і вулканітову зв'язки. Керамічна складається з вогнетривкої глини, польового шпату, тальку, крейди, кварцу і рідкого скла. Завдяки значній міцності, водостійкості, що дозволяє працювати з застосуванням холодної рідини, і жаростійкості абразивний інструмент на керамічній зв'язці набув переважного поширення. На цій зв'язці виготовляють до 90% шліфувальних кругів.

Абразивний інструмент на бакелітовій зв'язці, що являє собою синтетичну смолу, має велику міцність і пружність, але порівняно низьку теплостійкість (не більше 180 °С). Шліфувальні круги на цій зв'язці використовують для чистових робіт.

Абразивний інструмент на вулканітовій зв'язці, яка складається з каучуку, сірки та інших речовин, має велику міцність і пружність, але низьку теплостійкість. Круги на цій зв'язці можуть бути дуже тонкими і використовуватись переважно для відрізних робіт.

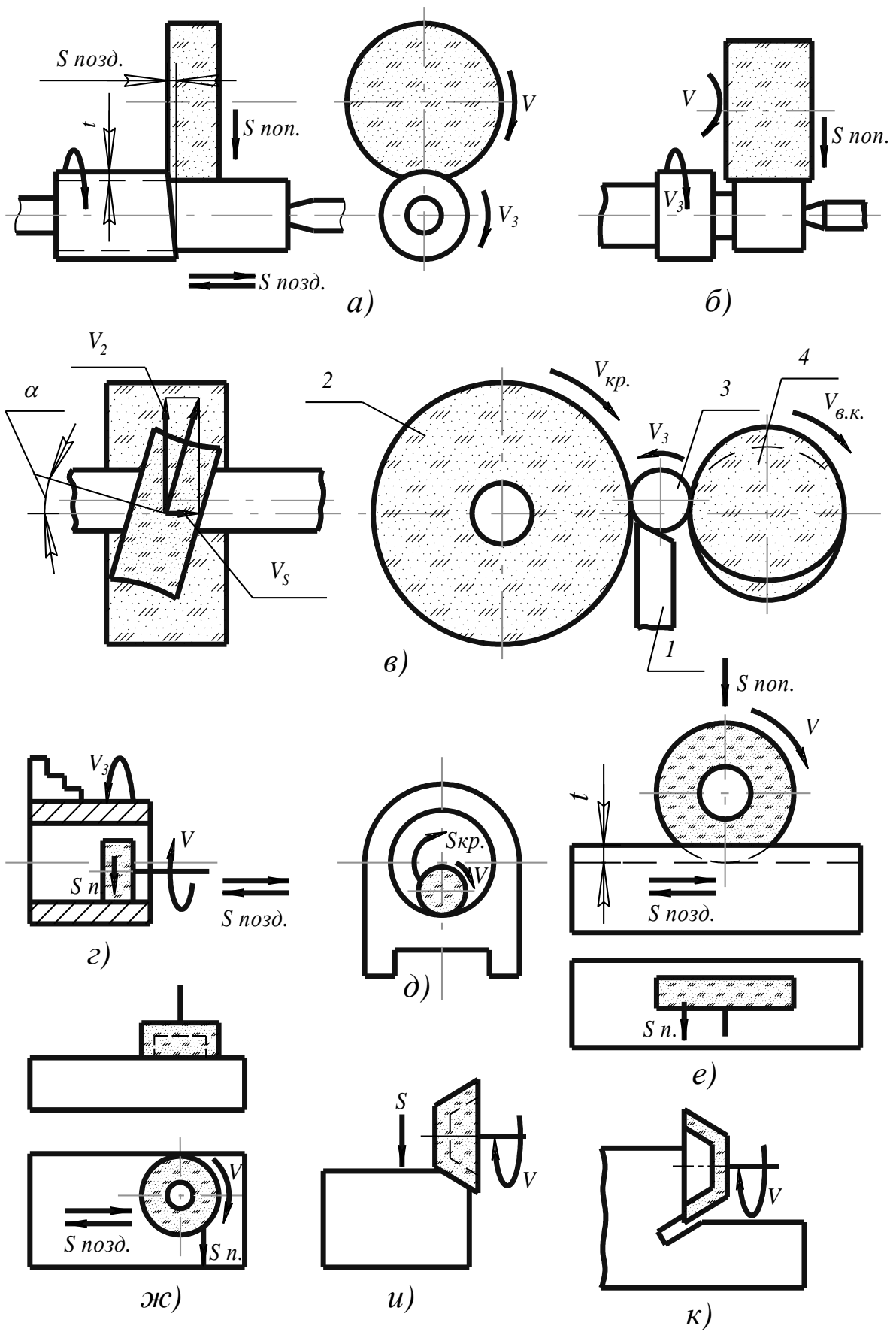


Рисунок 52 – Схеми круглого і плоского шліфування

Міцність зв'язки визначає граничну допустиму швидкість різання (звичайно не більше 50 м/с), а також іншу характеристику шліфувального круга – твердість. Під твердістю абразивного інструмента розуміють опір зв'язки викиданню абразивних зерен зовнішньою силою. Встановлена шкала, в якій є 7 класів твердості: м'який – М, середньом'який – СМ, середній – С, середньотвердий – СТ, твердий – Т, дуже твердий – ДТ, надзвичайно твердий – НТ.

Твердість круга вибирають за правилом: чим твердіший оброблюваний матеріал, тим м'якішим має бути круг, і навпаки.

1.3 Режим різання при шліфуванні

Основними елементами режиму різання під час шліфування є швидкість різання, подача і глибина різання. Швидкість різання за всіх видів шліфування – це колова швидкість $V_{кол}$ шліфувального круга.

У разі круглого шліфування елементами режиму різання слугують також колова швидкість заготовки, поздовжня і поперечна подачі (див. рис. 52, а), б). Колова швидкість заготовки V_z , м/хв являє собою колову подачу. Поздовжня подача $S_{позд}$ – величина переміщення заготовки відносно шліфувального круга за один її оберт. Поперечна подача $S_{поп}$ – величина переміщення шліфувального круга в напрямі, перпендикулярному до осі заготовки, що здійснюється в крайніх її положеннях. Вона чисельно дорівнює глибині різання t .

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з будовою і роботою круглошліфувального верстата, його настроюванням для шліфування різних поверхонь – циліндричних, конічних; способом закріплення заготовок, способом регулювання величини ходу стола тощо.
2. Під керівництвом майстра настроїти верстат і виконати шліфування заготовки.
3. Скласти звіт про роботу.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про виконану роботу має містити:

1. Короткі теоретичні відомості про обробку заготовок на шліфувальних верстатах.
2. Схеми обробки заготовок різної форми (циліндричних, конічних) на круглошліфувальних верстатах.
3. Характеристику режиму різання в процесі виконання практичної роботи зі шліфування заданої заготовки.
4. Характеристику шліфувального круга, що був використаний під час шліфування.
5. Висновки про роботу.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Сфера застосування шліфувальних робіт.
2. Інструмент для шліфування.
3. Абразивні матеріали.
4. Форма та застосування шліфувальних кругів.
5. Характеристика шліфувальних кругів.
6. Типи шліфувальних верстатів.
7. Режими різання під час шліфування.
8. Суть та особливості безцентрового шліфування.

Тестові завдання з дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів»

Тест 1

Яка з цих властивостей сплавів не відноситься до ливарних:

1. Ударна в'язкість
2. Рідкоплинність
3. Усадка
4. Схильність до ліквації
5. Схильність до поглинання газів

Тест 2

До яких наслідків може призвести недостатня податливість ливарної форми:

1. До утворення газової пористості у виливках
2. До утворення тріщин у стінках форми
3. До забруднення виливків неметалевими включеннями
4. До утворення усадочних раковин у виливках
5. До жолоблення виливків

Тест 3

До складу формових сумішей додають тирсу з метою:

1. Підвищення міцності форм
2. Підвищення пластичності сумішей
3. Підвищення непригарності формових сумішей
4. Підвищення податливості сумішей
5. Покращення заповнюваності форм металом

Тест 4

Сірий чавун у ливарних цехах машинобудівних заводів плавлять переважно у:

1. Доменних печач
2. Кисневих конверторах
3. Мартенівських печач
4. Вагранках
5. Дугових електропечач

Тест 5

Які дефекти у сталевих виливках складної форми, отриманих литтям у кокіль, найімовірніші:

1. Усадочні раковини
2. Тріщини
3. Усадочна пористість
4. Пригар на стінках виливків
5. Невідповідність розмірів заданим

Тест 6

Який з цих способів лиття є найдоцільнішим у випадку виготовлення масивних виливків із сірого чавуну (наприклад, станин металорізальних верстатів):

1. Лиття в піщано-глинистих формах
2. Лиття в кокілі
3. Лиття в оболонкових формах
4. Лиття за моделями, що витоплюються
5. Лиття під тиском

Тест 7

Який з цих факторів не впливає на здатність рідкого металу заповнювати ливарну форму:

1. Хімічний склад металу
2. Температура металу
3. Матеріал ливарної форми
4. Схильність металу до лінійної усадки
5. Температура ливарної форми

Тест 8

Що з перерахованого не впливає на силу струму у разі ручного дугового зварювання:

1. Марка матеріалу
2. Тип зварного з'єднання
3. Товщина заготовки
4. Положення шва у просторі
5. Діаметр стержня електроду

Тест 9

На якому принципі ґрунтується газокисневе різання металу:

1. На здатності металу плавитися за низьких температур
2. На здатності металу утворювати тугоплавкі оксиди під час окислення
3. На здатності підігрітого металу горіти на повітрі
4. На здатності підігрітого металу горіти в кисні
5. На високій теплопровідності металу

Тест 10

Ацетиленокисневе полум'я може бути з надлишком:

1. Водню
2. Кисню
3. Азоту
4. Вуглекислого газу
5. Аргону

Тест 11

Який з перерахованих способів є найдоцільнішим для зварювання залізничних рейок під час прокладання довгих безстикових залізничних колій:

1. Зварювання в захисних газах
2. Точкове зварювання
3. Ручне дугове зварювання
4. Стикове зварювання
5. Шовне зварювання

Тест 12

Під час автоматичного зварювання під флюсом найважливішим, що характеризує цей спосіб зварювання, є:

1. Автоматична подача зварного дроту
2. Автоматичне пересування зварювального агрегату вздовж шва
3. Автоматичне підтримування постійної сили струму
4. Автоматичне запалювання дуги
5. Автоматичне підтримування постійної швидкості процесу зварювання

Тест 13

Сталь 45 відноситься до матеріалів з поганою зварністю тому, що:

1. Має високу температуру плавлення
2. Утворює під час зварювання тугоплавкі оксиди
3. Загартовується під час зварювання
4. Забруднюється шлаковими включеннями
5. Зварний шов поглинає гази

Тест 14

Що з перерахованого не відноситься до режиму різання в процесі фрезерування:

1. Швидкість різання
2. Глибина різання
3. Сили різання
4. Величина подачі
5. Ширина фрезерування

Тест 15

Що з перерахованого є елементом режиму різання:

1. Потужність, що витрачається на різання
2. Сили різання
3. Годинна продуктивність
4. Глибина різання
5. Стійкість інструмента

Тест 16

Який з перерахованих процесів використовується для обробки зовнішніх поверхонь обертання:

1. Фрезерування
2. Протягування
3. Розточування
4. Шліфування
5. Стругання

Тест 17

Щоб зробити отвір у суцільному металі використовують:

1. Токарні різці
2. Зенкери
3. Протяжки
4. Свердла
5. Розвертки

Тест 18

Щоб зробити шліцьовий отвір у деталі, наприклад, зубчастому колесі в процесі його масового виробництва, використовують:

1. Фрезерування
2. Протягування
3. Стругання
4. Зенкерування
5. Шліфування

Словник термінів

Технологічні властивості (property technical) – це комплекс фізико-хімічних властивостей цих матеріалів, зумовлених станом, складом і структурою в процесі взаємодії речовини з технологічним середовищем, тобто під час їх обробки.

Ливарні властивості (founding) – здатність матеріалу до переробки в рідкому стані з метою отримання виливків певних розмірів, форми та властивостей.

Деформовність (deformation) – оброблюваність тиском – це здатність матеріалу сприймати пластичну деформацію без руйнування єдності в процесі формозміни тиском в холодному або гарячому стані.

Зварюваність (welding) – властивість матеріалу утворювати нероз'ємне з'єднання, якість якого відповідає суцільному.

Оброблюваність різанням (machining processing) – здатність матеріалу до стружкоутворення за заданих шорсткості, точності та якості оброблених поверхонь.

Заготовка (workpiece, flank, billet) – предмет праці, з якого зміною форми, розмірів, властивостей поверхні і (або) матеріалу виготовляють деталь (ГОСТ 3.1109-82).

Ливарне виробництво (foundry) – галузь машинобудування, яка займається виготовленням фасонних заготовок або деталей шляхом заливання розплавленого металу у спеціальну форму, порожнина якої має конфігурацію заготовки (деталі).

Ливарна форма (casting, mould) – це система елементів, які утворюють робочу порожнину, за заливання якої розплавленим металом формується виливок.

Ливарна опока (casting box, moulding frame) – пристосування для утримання формувальної суміші під час виготовлення форми.

Рідкоплинність (yield, flow) – це здатність металів та сплавів плинути у розплавленому стані по каналах ливарної форми, заповнювати її порожнечу і чітко відтворювати контури виливка.

Усадка (shrinkage) – властивість ливарних сплавів зменшувати об'єм під час затвердіння та охолодження.

Лінійна усадка (linear shrinkage) – зменшення лінійних розмірів виливка у разі його охолодження від температури, за якої утворюється міцна кірка, здатна протистояти тиску розплавленого металу, до температури навколишнього середовища.

Усадкові раковини (shrink hole, contraction cavity) – порівняно великі порожнини, які розташовані у виливках, що твердіють останніми.

Усадкова пористість (shrinkage) – скупчення пустот, які утворилися у виливках у значних зонах внаслідок усадки в тих місцях виливка, які тверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Модельний комплект (model set) – це сукупність технологічного оснащення та пристосувань, які необхідні для утворення у формі порожнини, що відповідає контурам виливка.

Формування (forming) – це процес виготовлення ливарної форми, стержнів та складання форми.

Формувальні матеріали (moulding materials) – це сукупність природних та штучних матеріалів, які використовуються для виготовлення формувальних та стержневих сумішей.

Шаблон (template) – профільована дошка, в якій вирізано зовнішній і внутрішній профілі виливка.

Формувальна суміш (moulding mixture) – це багатокомпонентна суміш формувальних матеріалів, які відповідають умовам технологічного процесу виготовлення ливарних форм.

Облицювальна суміш (facing mixture) – це формувальна суміш, яка використовується для виготовлення робочого шару форми.

Міцність (strength) – здатність матеріалу форми не руйнуватися під час витягання моделі із форми.

Газопроникненість (permeability) – здатність суміші пропускати крізь себе газу.

Пластичність (plasticity) – здатність деформуватися без руйнування та точно відтворювати відбиток моделі.

Піддатливість (pliability, compliance) – здатність форми або стержня стискатися в процесі усадки виливка.

Непригарність (non-stickiness) – здатність суміші не вступати в хімічну взаємодію з металом і не пригоряти до поверхні виливка.

Ливникова система (gating system) – це система каналів, крізь який розплавлений метал підводять у порожнечу форми.

Стержнева суміш (core mixture, core sand) – це багатокомпонентна суміш формувальних матеріалів, які відповідають умовам технологічного процесу виготовлення ливарних стержнів.

Разові форми (temporary moulding) – призначені для виготовлення лише одного виливка, тому що їх руйнують після затверднення металу. Виготовляють із піщано-глинистих та піщано-смоляних формувальних сумішей.

Газові раковини (flow-hole) – пузири газів у тілі виливка.

Піщані та шлакові раковини (sand and slag holes) – порожнини, заповнені формувальною сумішшю або шлаком.

Холодні тріщини (cold cracks) – розриви тіла виливка значної довжини.

Гарячі тріщини (hot cracks) – розриви тіла виливка незначної довжини.

Кокіль (metal mould) – металева багаторазова форма, в яку рідкий метал заливається вільним струменем під атмосферним тиском.

Облицювання (facing) – захисні покриття, які наносять для захисту поверхні кокілю від дії розплаву, регулювання швидкості охолодження виливка та покращення заповнюваності форми на робочу поверхню кокілю, металевих стержнів і ливникової системи.

Відцентрове лиття (cenrifugal) – це спосіб, за якого розплав заливається у форму, зазвичай металеву, що обертається з певною швидкістю.

Центрифугування (cenrifugation) – лиття фасонних виливків, за якого використовують відцентрову силу тільки для заповнення форми розплавом і кристалізації металу. Ливарна форма виготовляється з формувальної суміші або є оболонковою.

Припуски на обробку (machining allowance) – шар металу, який знімається з поверхні заготовки в процесі її механічної обробки. Чим менший припуск, тим вища точність заготовки.

Сталь (steel) – це сплав заліза з вуглецем, вміст якого не перебільшує 2,14%; як ливарний матеріал застосовують для отримання виливків деталей, які поряд з високою міцністю потрібно, щоб мали гарні пластичні властивості, бути надійними та довговічними в експлуатації.

Сірий чавун (grey cast iron) – найдешевший ливарний сплав, в якому вуглець знаходиться у вигляді графіту, що має пластинчасту форму. Має порівняно високі механічні властивості, відносно низьку температуру плавлення і дуже гарні ливарні властивості: високу рідкоплинність, низькі лінійну та об'ємну усадки (0,9...1,3%), завдяки чому із сірого чавуну можна отримувати якісні виливки без усадкових раковин, тріщин, жолоблення та інших дефектів.

Твердість (hardness) – це властивість поверхневого шару матеріалу чинити опір пружній та пластичній деформаціям або руйнуванню у разі місцевої пластичної взаємодії з боку іншого, твердішого тіла (індентора) відповідної форми та розмірів.

Література

1. Металознавство : підручник / Бялік О.М. та ін. К. : Політехніка, 2002. 384 с.
2. Технологія конструкційних матеріалів : підручник / Сологуб М. А. та ін. К. : Вища школа, 2002. 374 с.
3. Технологія конструкційних матеріалів. Організація самостійної та практичної роботи : навчальний посібник / Шиліна О. П. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 111 с. ISBN 978-966-641-801-5
4. Клименко В. М. Технологія конструкційних матеріалів. / Частина перша. Конструкційні матеріали: властивості, класифікація, виробництво. Навчальний посібник./ Клименко В. М., Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.- 97 с.
5. Клименко В. М., Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Технологія конструкційних матеріалів. Частина друга. Конструкційні матеріали: властивості, класифікація, виробництво : навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. 154 с.
6. Клименко В. М., Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Технологія конструкційних матеріалів. Частина 3. Основи механічної обробки матеріалів : навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. 94 с.
7. Попович В. В., Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник. Львів : Світ, 2006. 624 с.
8. Пахолук А. П., Пахолук О. А. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : посібник. Львів : Світ, 2005. 172 с.
9. Конструкційні та функціональні матеріали : навч. посіб. у 2 ч. ; Ч. 1. Основи фізики твердого тіла. Конструкційні матеріали / Бабак В. П. та ін. К. : Техніка, 2004. 344 с.
10. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : навч. посібник / Хільчевський В. В. та ін. К. : Либідь, 2002. 328 с.
11. Сушко О. В., Кюрчев С. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. 232 с.
12. Плєскач В. М., Волчок І. П. Технологія конструкційних матеріалів. Практикум : навч. посібник. Запоріжжя : Дике поле; 2007. 168 с.

Електронне навчальне видання

Олена Павлівна Шиліна
Валерій Йосипович Шенфельд
Олександр Борисович Янченко

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лабораторний практикум

Рукопис оформила *О. Шиліна*
Редактор *Т. Старічек*
Оригінал-макет виготовила *Т. Старічек*

Підписано до видання 01.07.2025 р.
Гарнітура Times New Roman.
Зам. № P2025-098.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: irvc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.