

**Міністерство освіти і науки України**



## **ТЕХНОЛОГІЇ МАТЕРІАЛІВ**

Методичні вказівки  
до практичних занять  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
освітньо-професійних програм  
спеціальності G8 Матеріалознавство  
галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво  
денної та заочної форм навчання

ЛУЦЬК 2025

УДК 621.9 (075)

T38

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки \_\_\_\_\_ Н.П. Поліщук

Рекомендовано до видання вченою радою факультету митної справи, матеріалів та технологій ЛНТУ, протокол № \_\_\_\_ від " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ року.

Голова вченої ради ФММТ \_\_\_\_\_ В.В. Ткачук

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри матеріалознавства ЛНТУ, протокол № \_\_ від " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ року.

Завідувач кафедри матеріалознавства \_\_\_\_\_ М.Д. Мельничук

Укладачі: \_\_\_\_\_ Д.А. Гусачук, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри матеріалознавства ЛНТУ;  
\_\_\_\_\_ С.В. Мисковець, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри матеріалознавства ЛНТУ.

Рецензент: \_\_\_\_\_ В.І. Марчук, доктор технічних наук,  
професор кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ.

Відповідальний за випуск: \_\_\_\_\_ М.Д. Мельничук, кандидат  
технічних наук, доцент, завідувач кафедри матеріалознавства ЛНТУ.

**T38 Технології матеріалів** : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійних програм спеціальності G8 Матеріалознавство галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво денної та заочної форм навчання / уклад. Д.А. Гусачук, С.В. Мисковець. – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 80 с.

Методичне видання містить інструкції з практичних робіт до курсу "Технології матеріалів" освітніх програм спеціальності G8 Матеріалознавство галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво. Виконання практичних робіт дозволяє закріпити теоретичний матеріал та сформувані навички проектування та розрахунку процесів обробки матеріалів, використання математичних, фізичних і технічних методів і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішенні професійних завдань у сучасних технологіях машинобудування.

Видання призначене для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх освітніх програм спеціальності G8 Матеріалознавство галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво.

© Д.А. Гусачук, С.В. Мисковець, 2025

© ЛНТУ, 2025

## Зміст

Вступ.....	4
1 Мета та матеріальне забезпечення лабораторного практикуму .....	5
2 Вказівки щодо виконання практичних робіт .....	5
Практична робота 1 "Визначення та оцінка рівня технологічності виробу" .....	5
Практична робота 2 "Вивчення продукції металургійного виробництва, якості прокату та металевих зливків" .....	12
Практична робота 3 "Розробка ливарно-технологічних рекомендацій отримання виливка в разових піщаних формах" .....	23
Практична робота 4 "Розрахунок режимів електродугового зварювання заготовок" .....	36
Практична робота 5 "Вивчення будови спірального свердла та особливостей процесу свердлування" .....	43
Практична робота 6 "Вибір кількості ступенів та способів механічної обробки поверхонь деталей" .....	48
Практична робота 7 "Використання типових технологічних процесів під час розробки технології механічної обробки деталі" .....	53
Практична робота 8 "Розрахунок режимів електроіскрової обробки деталі" .....	56
3 Вимоги до оформлення звіту з виконання робіт .....	60
4 Рекомендована література та ресурси .....	61
Додатки	

## Вступ

Способи та методи обробки матеріалів займають важливе місце у сучасному машинобудуванні. Їх правильний вибір, належне проектування та швидка реалізація дозволяють підвищити продуктивність праці та якість продукції, оптимізувати матеріальні та енерговитрати виробничих процесів, зменшити шкідливі викиди, досягнувши сталого розвитку сучасної промисловості.

Прогрес машинобудування та інших галузей промисловості нерозривно пов'язаний з еволюцією технологій. В останні роки промислові технології відіграють роль потужного двигуна економічного розвитку в багатьох країнах світу. Вчасна зміна та прогрес технологій забезпечує конкурентоспроможність сучасного виробництва, за що відповідає правильна технологічна політика та постійний моніторинг технологічних змін.

Сучасному фахівцю в галузі механічної інженерії слід добре усвідомлювати всі перелічені аспекти впровадження та використання технологічних процесів. Аналіз конкретних прогресивних технологій у різних галузях господарства дозволить розширити уявлення про них, одержати знання про їхню специфіку та особливості виробництва, сформулювати можливі проекти, що будуть стосуватись удосконаленню технологічних процесів, а може і їх кардинальній зміні. В цьому аспекті технології матеріалів відіграють роль основи розуміння виробничих процесів та є основою сучасного машинобудування.

## 1 Мета та матеріальне забезпечення практикуму

Метою виконання практичних робіт з курсу "Технології матеріалів" є надання здобувачу освіти необхідних навичок, пов'язаних з розрахунку основних параметрів, базових технологічних процесів обробки конструкційних матеріалів, умінь виконання та проектування процесів обробки матеріалів, вирішувати науково-технічні, організаційні й соціально-економічні питання, пов'язані з конструюванням, експлуатацією та обслуговуванням виробничого обладнання машинобудівних підприємств.

Професіоналізм майбутнього інженера насамперед залежить від володіння знаннями про будову та властивості конструкційних матеріалів, закономірності їх поведінки в різноманітних умовах експлуатації, виробництва відповідних матеріалів та технології їх обробки. Відповідно, розрахунок та проектування технологічних процесів, пов'язаних з обробкою конструкційних матеріалів є важливим знаряддям інженера матеріалознавця для виконання своїх звичайних професійних обов'язків.

Введений у це методичне видання цикл практичних робіт дозволяє сформулювати перелічені навички та реалізувати досягнення здобувачами освіти основних програмних результатів освітніх програм спеціальності G8 Матеріалознавство галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво. Для виконання практикуму здобувачам пропонується використання стендів, модельних наборів та макетів, набори зразків матеріалів тощо. У практикумі необхідне застосування офісних ПК, мультимедійного проектору, програмного забезпечення MS Office, Excel, Edge, SolidWorks, AutoCAD, CES EduPack, інших спеціалізованих програм за потреби.

## 2 Вказівки щодо виконання практичних робіт

### Практична робота 1 "Визначення та оцінка рівня технологічності виробу"

Мета: набуття навичок з використання методів оцінки технологічності деталі за її геометричними параметрами, кресленням, матеріалом та технічними умовами.

Теоретичний матеріали.

*Технологічність виробів* – це сукупність ознак деталі чи виробу, що забезпечують оптимальні витрати під час виробництва, експлуатації та ремонту відповідно до заданих показників якості, обсягах випуску та умов виконання робіт. Іншими словами, виріб є технологічним, якщо він є простим у виготовленні, зручним під час експлуатації та ремонту.

Технологічність поняття відносне, вона залежить від масштабу і типу виробництва. Так, наприклад, за великих річних програмах випуску виробів, будуть технологічні заготовки, трудомісткість і собівартість яких нижче, а розміри максимально наближені до розмірів готового виробу. Зокрема, у металообробці металеві фасонні заготовки, наприклад, можна отримати спеціальними методами литва (литво у кокіль). Навпаки, за умов одиничних процесів металообробки, заготовки доцільніше виготовляти більш дешевими способами (литво у піщані форми). Тобто кожен тип виробництва у випадку виготовлення одного і того ж виробу ставить різні вимоги за технологічністю. Крім того, технологічність конструкцій визначається й іншими факторами: матеріалом; геометричною формою, розмірами виробу та їх точністю; якістю обробки поверхонь; заданими фізичними, хімічними та механічними властивостями; прийнятим оснащенням, механізацією та автоматизацією процесів; режимами роботи обладнання та устаткування.

Розрізняють виробничу, експлуатаційну та ремонтну технологічності.

Виробнича технологічність полягає в скороченні коштів і часу на конструкторську підготовку виробництва, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, контроль, монтаж і випробування виробів.

Експлуатаційна технологічність полягає в скороченні коштів і часу на підготовку до використання виробів, технологічне і технічне обслуговування, поточний ремонт і утилізацію.

Ремонтна технологічність полягає в скороченні коштів і часу на всі види ремонту.

Основними факторами, які визначають вимоги до технологічності, є:

- розміри, форма і вид виробу;
- об'єм випуску і тип виробництва.

Для підвищення технологічності деталей та виробів необхідно за можливості максимально спростити їх конструкцію, не завищувати точність і шорсткість оброблюваних поверхонь деталей. Збільшення необґрунтованих вимог суттєво впливає на трудомісткість і технологічну собівартість.

У випадку складних конструкцій, по можливості, слід розбивати деталь на складові, геометрично прості елементи. Використання складових елементів та конструкцій значно спрощують обробку деталей та дозволяє зменшувати витрати матеріалів.

Критеріями порівняння виробів на технологічність є простота їх конструкції, простота форми, звичайні чи нормальні для досягнення розміри та шорсткість поверхонь, можливість застосування типового стандартного обладнання, звичайна сировина тощо.

До загальних показників технологічності конструкції виробу відносять матеріаломісткість, енергомісткість, трудомісткість, технологічну собівартість виготовлення, експлуатації та ремонту.

#### *Аналіз технологічності конструкцій.*

Вимоги до технологічності конструкції виробів визначені державними стандартами, основні з них:

- конструкція виробу має складатися максимально із стандартних та уніфікованих конструктивних елементів або бути стандартною в цілому;

- складові частини виробів повинні виготовлятися із стандартних заготовок, що отримані простими способами;

- розміри та поверхні виробів повинні мати оптимальні значення, що в більшості відповідають, так званим, нормальним рядам значень (зокрема, нормальному ряду лінійних розмірів тощо), оптимальні ступені точності обробки та відповідати вимогам технологій;

- фізико-хімічні та механічні властивості матеріалів, форма виробу та її складових частин повинні відповідати вимогам технологій;

- конструкція виробу має по максимуму забезпечувати можливість використання типових і стандартних технологічних процесів для його виготовлення.

Достовірну оцінку технологічності виробу можна отримати розрахунковим методом. Він являє собою сукупність прийомів, за допомогою яких визначають і порівнюють числові значення показників технологічності виробу та відповідних базових показників.

Результатом кількісної оцінки є формування цільової функції та комп'ютерного алгоритму забезпечення високої технологічності виробів.

Для цього застосовують абсолютний, відносний та різницевий способи оцінки технологічності виробу за результатами визначення таких показників:

– абсолютний показник

$$K = K_1, K_2, \dots, K_n;$$

– відносний показник

$$K_p = \frac{K}{K_B};$$

– різницевий показник

$$\Delta K = K - K_B,$$

де  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – показники технологічності різних варіантів виробу;

$K_B$  – показник технологічності виробу, прийнятого за базовий.

Цільова функція для забезпечення високої технологічності виробу має такий вигляд:

$$K \rightarrow K_B; K_p \rightarrow 1; \Delta K \rightarrow 0.$$

Кількісну оцінку технологічності за відносними способом рекомендується виконувати за такими показниками:

1) коефіцієнт уніфікації

$$K_y = \frac{N_y + N_c}{N_{заг}},$$

де  $N_y, N_c$  – кількості найменувань уніфікованих і стандартизованих елементів (деталей) в конструкції виробу;

$N_{заг}$  – загальна кількість найменувань елементів в конструкції виробу.

2) коефіцієнт стандартизації

$$K_{ст} = \frac{D_c}{D_{заг}},$$

де  $D_c$  – кількість стандартизованих деталей в конструкції виробу;

$D_{\text{заг}}$  – загальна кількість деталей в конструкції виробу.

3) коефіцієнт повторюваності

$$K_{\text{повт}} = \frac{D_{\text{заг}}}{N_{\text{заг}}},$$

4) коефіцієнт конструкторської наступності

$$K_{\text{пр}} = \frac{D_{\text{у}}}{D_{\text{заг}}},$$

де  $D_{\text{у}}$  – кількість уніфікованих елементів, тобто запозичених із інших конструкцій даного ряду виробів.

5) коефіцієнт блочності

$$K_{\text{бл}} = \frac{D_{\text{бл}}}{D_{\text{заг}}},$$

$D_{\text{бл}}$  – кількість елементів, що входять у блокові вузли конструкції виробу.

Чим більші наведені коефіцієнти, тим вищою вважається технологічність конструкції.

*Аналіз технологічності деталі.*

Технологічність окремих деталей також оцінюють за якісними та кількісними показниками.

Якісна оцінка характеризує технологічність деталі чи штучного виробу узагальнено на основі знань та досвіду конструктора чи технолога. Вона здійснюється на всіх стадіях проектування, коли проводиться вибір кращого конструктивного рішення і не потрібне визначення ступеня відмінності технологічності порівнюваних варіантів. Зокрема, виконується якісна оцінка технологічності заготовок одержуваних литтям, оцінюється технологічність методів механічної обробки, нанесення покриттів тощо.

Для прикладу, якісна оцінка деталі передбачає визначення типу конструктивних елементів її форми, ступінь відхилення від типових конструкцій даного класу деталей, наявність додаткових елементів, що вимагають застосування спеціальних методів обробки чи додаткових інструментальних пристосувань тощо. Обробка таких

додаткових елементів конструкції деталі вимагає додаткових витрат на спеціальний інструмент та пристосування під час її виготовлення, що зменшує технологічність деталі.

Кількісна оцінка технологічності деталі проводиться за основними та додатковими показниками. Якісна оцінка, зазвичай, передує кількісній оцінці, але вона є сумісною з нею на всіх стадіях виробництва. Основні показники містяться у технічній документації на деталь, її кресленнику, технічних умовах. У якості додаткових показників можуть бути наприклад дані щодо отримання заготовки для виготовлення деталі.

Для кількісної оцінки технологічності деталі можна використати такі показники:

1) коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}},$$

де  $m_{\text{д}}$ ,  $m_{\text{з}}$  – маса деталі та заготовки для її виготовлення (виплинок, поковка, штамповка тощо).

Якщо цей коефіцієнт більший за 0.6, то вважається, що деталь має достатню технологічність. За менших значень технологічність деталі не є задовільною. У машинобудуванні прагнуть до більших значень  $K_{\text{вм}}$ , що близькі до 1,0.

2) коефіцієнт точності обробки

$$K_{\text{то}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}},$$

де  $A_{\text{ср}}$  – середній квалітет обробки деталі.

$A_{\text{ср}}$  визначають сумарно, за кількістю розмірів та їх точності обробки:

$$A_{\text{ср}} = \frac{\sum A_i n_i}{\sum n_i} = \frac{1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 18n_{18}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{18}}$$

де  $A_i$  – квалітет обробки;  $n$  – число розмірів відповідного квалітету на кресленні деталі.

Якщо цей коефіцієнт  $K_{то}$  більший за 0.6, вважається, що деталь має достатню технологічність. У машинобудуванні прагнуть до більших значень цього коефіцієнту, що близькі до 1,0.

3) коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}}$$

де  $B_{ср}$  – середня шорсткість поверхонь, що визначена в значеннях параметру  $R_a$ , мкм.

$$B_{ср} = \frac{\sum B_i m_i}{\sum m_i} = \frac{1m_1 + 2m_2 + 3m_3 + \dots + 12m_{12}}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_{12}}$$

де  $B_i$  – середня шорсткість поверхні;  $n$  – число поверхонь, для яких задане дане число шорсткості на кресленні деталі.

Якщо коефіцієнт шорсткості  $K_{ш}$  більший за 0.32, вважається, що деталь має достатню технологічність. За менших значень цього коефіцієнту обробка поверхонь та, загалом, виготовлення деталі є ускладненими, відповідно технологічність деталі менша.

Проводячи якісну оцінку за цими всіма коефіцієнтами роблять висновок про технологічність конкретної деталі та приймають рішення щодо її підвищення, за потреби.

Порядок виконання роботи.

1. Ознайомитись з теоретичним матеріалом. Засвоїти методику оцінки технологічності виробу за абсолютними, відносними та кількісними показниками.

2. За отриманими від викладача зразками конструкцій виробів у вигляді їх креслення та технічних умов, провести їх конструктивний аналіз.

3. Розрахувати якісні показники технологічності конструкції.

4. Провести кількісну оцінку технологічності конструкції деталі, на основі значень коефіцієнтів, що її характеризують.

5. На основі проведених розрахунків та їх аналізу зробити загальний висновок про рівень технологічності конструкції деталі. Обґрунтувати свої висновки.

Питання для підготовки.

1. Що називають технологічністю виробів? Які розуміння вкладають поняття технологічний виріб?
2. Від яких чинників залежить технологічність виробу?
3. Що розуміють під виробничою, експлуатаційною та ремонтною технологічністю виробу?
4. Які основні фактори визначають вимоги до технологічності?
5. Поясніть, як можна підвищити технологічність виробів? Чи можна збільшити технологічність складних конструкцій?
6. Які критерії застосовують для порівняння виробів на технологічність?
7. Що відносять до загальних показників технологічності конструкції виробу?
8. Поясніть основні принципи аналізу та вимоги до технологічності конструкцій.
9. У чому полягає розрахунковий метод оцінки технологічності конструкцій? Які показники розраховують за цим методом?
10. Поясніть основні принципи аналізу технологічності окремих деталей. Які показники оцінюють при цьому?
11. В чому полягає якісна оцінка технологічності деталі? Наведіть приклади.
12. В чому полягає кількісна оцінка технологічності деталі? Які показники при цьому розраховують?

## Практична робота 2 "Вивчення продукції металургійного виробництва, якості прокату та металевих зливків"

Мета: ознайомитись з сортаментом металургійного виробництва, розглянути показники якості прокату та металевих зливків.

Теоретичний матеріали.

Метали, які застосовуються в техніці, поділяють на чорні й кольорові. До чорних належать залізо та його сплави, до кольорових – практично усі інші метали.

Продукцією чорної металургії є чавуни, феросплави (сплави заліза з підвищеним вмістом інших елементів) та сталеві зливки для виготовлення сортового прокату і габаритних деталей чи виробів.

Виробництво кольорових металів характеризується великою різноманітністю технологічних процесів виплавки і визначається особливостями складу їхніх руд. Продукцією кольорової металургії є чисті кольорові метали та їхні сплави, а також зливки для виготовлення сортового прокату.

*Продукти доменного виробництва.*

Головними продуктами доменного виробництва є чавун і феросплави, побічними – шлак і колошниковий газ. Залежно від хімічного складу, будови і призначення виплавлені в доменній печі чавуни поділяють на переробні, ливарні і спеціальні.

1. Переробні чавуни – основний вид чавуну, призначений для вироблення сталі. Їх основні марки П1, П2. Особливістю переробних чавунів є те, що вуглець у них міститься у вигляді сполуки  $\text{Fe}_3\text{C}$  – цементиту. Такі чавуни на зламі мають білий відтінок, тому їх ще називають білими. Вони відрізняються великою твердістю, обробляти різанням їх важко, тому як конструкційний матеріал вони використовуються рідко. У ливарному виробництві з них виплавляють ковкі та спеціальні чавуни.

2. Ливарні чавуни призначені для одержання фасонного литва, їх розливають у закріплені на безперервному конвеєрі розливальної машини виливниці. Після затвердіння і охолодження водою важкі габаритні чавунні чушки (зливки) випадають при повороті конвеєра із виливниць прямо в залізничні вагони для відправлення на машинобудівні заводи, де з них виготовляють чавунні виливки. Ливарні доменні чавунів виробляються шести марок – ЛК0...ЛК6 (ливарні коксові).

Від переробних ливарні чавуни відрізняються підвищеною масовою часткою силіцію ( $> 0,75\%$ ) та вуглецю (3,5...4,5%). Більша частина вуглецю в них перебуває у вільному стані – у вигляді пластинчастого графіту, тому на зламі вони мають сірий відтінок. Такі чавуни називають сірими (СЧ). За спеціальними способами переплавлення з них можуть отримувати високоміцні чавуни (ВЧ) та чавуни з вермикулярною формою графіту (ЧВГ).

3. Спеціальні чавуни, або феросплави, – це сплави заліза із значним вмістом силіцію, мангану та інших елементів. До основних з них належать феросиліцій (9...13% Si), фероманган (70...75% Mn), дзеркальний чавун (10...25% Mn), ферохром, феротитан тощо. Їх застосовують для розкислення та легування сталі.

Основну масу серед продуктів доменного виробництва становлять переробні чавуни – 75...80 %. На частку ливарних чавунів припадає 15...20 % і феросплавів – 1...2 %.

4. Шлак використовують для виробництва шлаковати, шлакоблоків, цементу та інших потреб.

5. Гази ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4\text{N}_2$ ), що утворюються в печі, піднімаються вгору і в зоні колошника відводяться трубами з доменної печі. Ці газы, названі колошниковими, використовують як паливо у повітрянагрівниках чи рекуператорах для нагрівання повітря, що подається в доменні печі та виробництві агломерату.

#### *Продукти сталеливарного виробництва.*

Сталь відрізняється від чавуну меншим вмістом вуглецю, силіцію, мангану та домішок сірки і фосфору, тобто переробка чавуну на сталь полягає у зменшенні в ньому вмісту вуглецю та інших елементів і переведенні їх у шлак або газы. Вихідними матеріалами для сталі є переробний чавун і сталевий брухт (скрап).

Стальне лиття класифікують за способом виробництва, залежно від маси, геометричної форми, за хімічним складом і механічними властивостями.

За способом виробництва залежно від фізико-хімічних умов плавки (кисла або основна) розрізняють сталь конверторну, мартенівську та електросталь. Кількість мартенівської сталі в останні часи різко скорочується, у зв'язку з нерентабельністю мартенівського способу виробництва сталі.

Більшість сталевого лиття розливають на машинах безперервного лиття заготовок. Цей спосіб, в останні часи, дозволяє отримувати якісні сталеві заготовки у великій кількості. Більша частина з них іде на отримання металопрокату у прокатних цехах металургійних підприємств.

Для виробництва великогабаритних виробів та деталей отримують зливки сталі, що кристалізуються у виливницях. Їх вага може сягати декількох сотень тон. Часто їх називають ковальськими зливками (рис. 2.1), оскільки перед виготовленням виробу їх піддають куванню – обтисненню за певною технологією на габаритних гідравлічних пресах. Операції кування дозволяють покращити внутрішню структуру ковальського зливка, досягнути однорідності структури та покращити якість металу.

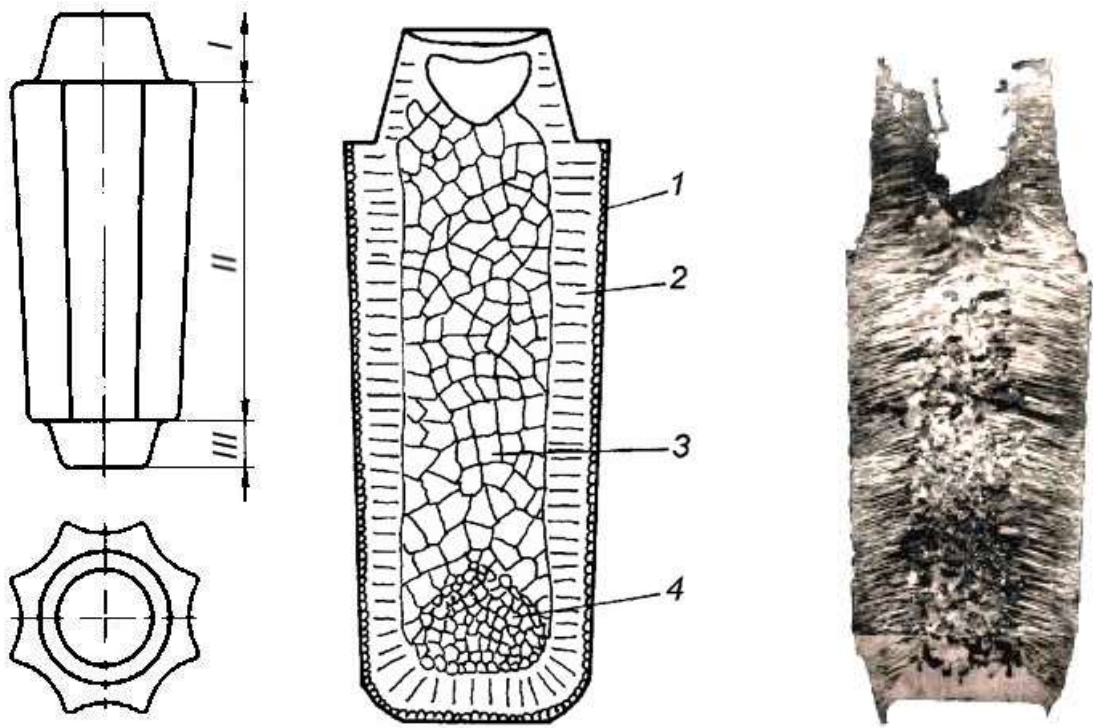


Рисунок 2.1 – Вид та будова ковальського злитку (переріз пр.):

I – зона усадочної раковини; II – середня зона; III – донна частина.

1 – зовнішній шар дрібних зерен; 2 – зона стовпчастих кристалів; 3 – центральна грубозерниста зона; 4 – зона осаду домішок

На замовлення ливарних підприємств на металургійних заводах використовують низьколеговану сталь з присадками мангану, хрому, нікелю тощо. Ці виливки порівняно із вуглецевими виходять більш якісними та компактними, їх застосовують для спеціальних потреб машинобудування, у хімічній, харчовій промисловостях, приладобудуванні. Середньо- і високолеговане лиття коштує дорого, тому його застосовують для машин, які працюють за умов високих чи низьких температур, екстремальних навантажень, великих швидкостей, агресивних середовищах тощо.

Якість виплавлених у різних плавильних агрегатах сталей не завжди відповідає вимогам сучасної техніки. Тому для поліпшення її розроблено спеціальні технологічні процеси позапічного рафінування і рафінувальних переплавок. До способів підвищення якості сталі відносять:

- вакуумну обробку;
- обробку синтетичним шлаком;
- електрошлакову переплавку;
- вакуумно-дугову переплавку;
- плазмово-дугову переплавку;

– електронно-променевою переплавку.

Застосування цих способів дозволяє покращити якість сталевих литва у штучні злитки металу. У металургії іноді поєднують декілька способів підвищення якості, особливо, у випадках плавки спецсталей.

*Види браку й контроль якості сталевих зливок.*

Брак чи вади зливок чавуну, сталі чи кольорових металів поділяють на виправний і невиправний. Виливки з невиправним браком переплавляють, а виправний брак виправляють. Основними є такі види браку.

Злитки мають неоднорідну внутрішню будову, і чим більша їх маса, тим в більш виражена ця неоднорідність. В наслідок швидкого охолодження на поверхні злитку утворюється тонкий щільний дрібнозернистий шар – зона 1 (див. рис. 2.1). Далі формується зона видовжених та перпендикулярних до поверхні великих кристалів. Центральна частина, внаслідок повільного охолодження, має найбільш грубозернисту структуру, крім того тут скупчуються дефекти та домішки. У верхній частині розміщується усадочна раковина, в нижній – зона осадки важких домішок. Це найбільш дефектні частини злитку, тому вони відрубуються під час, наприклад, кування.

До дефектів злитку відносять також ліквіацію, плівки, тріщини, газові бульбашки, неметалеві включення. Ліквіація – це явище неоднорідності злитку за хімічним складом. Плівки це бризки металу на поверхні злитку, які сформувались на початку заливки рідкого металу у виливницю. Розбрикування металу на початку заливання призводить до його попадання на холодні стінки виливниці, де він швидко кристалізується, утворюючи окрему частину метала. Тріщини виникають при швидкому охолодженні металу. Газові бульбашки, пори утворюються внаслідок зменшення розчинності газів зі зменшенням температури рідкого металу. До неметалевих включень входять шлаки, частинки пісковика та вогнетривких матеріалів, деякі хімічні з'єднання металів.

*Продукти кольорової та порошкової металургії.*

Кольорові метали мають температуру плавлення нижчу, ніж чорні метали, підвищену усадку, недостатню рідкотекучість, здатність до утворення окисних плівок тощо. Ці властивості враховують в процесі конструювання ливникових систем, плавлення, заливання розплавів, вибору живильників (додаткових порожнин) й холодильників ливарної системи. Шлаковловлювачі повинні

забезпечувати видалення шлаків, а вся ливникова система – плавне підведення металу до форми.

Сплави кольорових металів на основі міді й алюмінію для фасонного лиття мають високі ливарні властивості, малу усадку. До таких сплавів належать ливарні бронзи та латуні, алюмінієві сплави з вмістом 6...13 % силіцію. Вказані сплави використовують для виробництва фасонних виливків. При цьому деталі мають добру міцність і пластичність.

Порошкова металургія – це галузь, що охоплює виробництво порошків металів, їхніх сплавів і сполук, а також неметалевих матеріалів (графіту, сажі) і одержання з них напівфабрикатів, заготовок або готових виробів. При цьому основний компонент таких матеріалів не доводять до плавлення.

Метод порошкової металургії цінний насамперед тим, що дає змогу виготовляти матеріали, які іншими методами дістати неможливо, наприклад, з металів із значною різницею температури плавлення ( $W + Cu$ ;  $W + Ag$  та ін.), з металів і неметалів (бронза + графіт), з хімічних сполук (оксидів, карбідів, нітридів), з матеріалів з певною пористістю (підшипники ковзання, фільтри), з особливими електричними, магнітними та іншими властивостями.

Порошкова металургія відзначається також мінімальними втратами (іноді до 10 разів) матеріалів для виготовлення виробів, дає змогу значно зменшити тривалість загального циклу обробки, верстатний парк та кількість робітників. Тому цей метод є високоефективним також при виготовленні деталей загального машинобудування або побутового призначення, які дістають литтям та обробкою різанням. Такі вироби виготовляють з порошків сталі, бронз, латуней та інших матеріалів, їх, як і литво, можна додатково обробляти різанням, піддавати термічній обробці.

*Продукція прокатних виробництв металургійних підприємств.*

Початковими матеріалами при куванні, штампуванні та інших видах обробки, в залежності від маси поковок, слугують обтиснені, прокатані чи пресовані заготовки, а також ковальські злитки металу.

Ковальські злитки.

Злитки використовують для виготовлення великих важких поковок. Їх отримують машинним куванням на гідравлічних пресах. Ковальські злитки бувають масою від 0,2 до 500 т, мають форму зрізаного конусу чи піраміди. Поперечне січення злитків являє собою круг, квадрат чи багатокутник. Великі злитки мають ввігнуті грані, що

зменшує можливість утворення тріщин при їх охолодженні у виливницях.

Обтиснені, прокатані та пресовані заготовки.

Початковим матеріалом для виробництва металопрокату як найбільш цінного виду продукції металургії, слугують обтиснені на блюмінгах, катані на сортових прокатних станах чи пресовані на спеціальних гідропресах заготовки (рис. 2.2).

Обтиснені заготовки (ДСТУ 2924-94) виробляють зі злитків квадратного січення масою до 10 т на обтискних станах, які називають блюмінгами. Самі, отримані таким чином, заготовки називають блюмами чи блюмсами. Січення блюмів є квадратним із закругленими та ввігнутими гранями, розмірами від  $140 \times 140$  мм до  $450 \times 450$  мм. Довжина блюмів від 1,5 до 4 м. Застосовують їх для виготовлення сортового, фасонного, арматурного, каліброваного прокату, прокату холоднотягнутого, зі спеціальним обробленням поверхні.

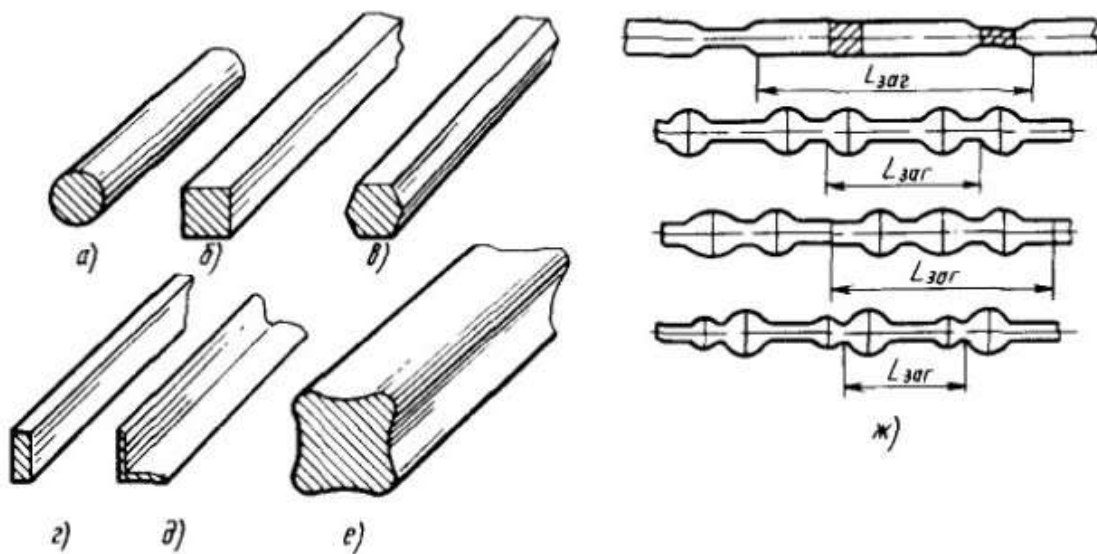


Рисунок 2.2 – Катаний метал для потреб машинобудування:  
а, б, в – круглий, квадратний та шестикутний прокат; г – стрічка; д – кутник; е – блюм; ж – прокат періодичного профілю.

Окремим видом обтиснених заготовок є сляби, їх застосовують для виготовлення листового, широкоштабового прокату та стрічки. Сляби являють собою сплюснуті видовжені заготовки, прямокутного січення.

Катані заготовки чи сортовий прокат (ДСТУ 4737, 4738, 4746, 4747, 7802) виготовляють на сортопрокатних станах з блюмів. Найбільш частіше в якості заготовок машинобудування застосовують

сортовий прокат – продукцію прокатних цехів у вигляді напівфабрикатів для виготовлення деталей машинобудування та інших потреб.

Сортовий прокат поділяють на профілі простого січення (круг, квадрат, шестикутник), фасонний прокат (кутник, швелер, таврові січення та інші) та спеціальні види прокату (арматура, періодичні профілі, колеса та інші). Найбільш уживаним є гарячекатані профілі простого січення. Їх довжина може сягати до 10 м, діаметр чи сторона квадрату – 5...250 мм.

Пресовані заготовки переважно виготовляють з кольорових металів та їх сплавів, круглого січення, діаметром 6...150 мм. Довжина пресованих прутків складає 1...4 м.

#### *Дефекти сортового прокату.*

Обтиснені та катані заготовки можуть мати ряд дефектів, які суттєво впливають на якість та надійність поковок. До основних дефектів відносять риси, волоски, закати, плівки, розшарування, неметалеві включення, тріщини, ліквація та флокени (рис. 2.3).

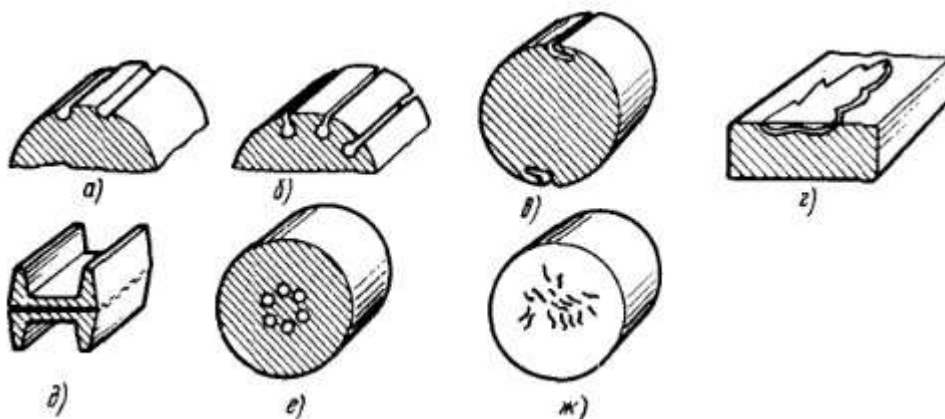


Рисунок 2.3 – Види основних дефектів прокату:

а – риси; б – волоски; в – закати; г – плівки; д – розшарування;  
е – неметалеві включення; ж – флокени.

Риси – це не глибокі, глибиною до 0,5 мм повздовжні подряпини на поверхні прокату. Виникають при прокатуванні валками, що мають заусенці на робочій поверхні.

Волоски – це тонкі (подібні на волос) тріщини на поверхні, що мають глибину 0,5...1,5 мм та спрямовані вздовж профілю прокату. Виникають внаслідок розкатування в довжину газових порожнин злитку.

Закати – це заусенці, що закатані у вигляді діаметрально протилежних складок глибиною більше 0,5 мм. Вони виникають

внаслідок утворення заусенців профілю на проміжній стадії прокатування, які надалі втискуються в метал.

Плівки – це плівчасті ділянки металу, товщиною до 1,5 мм, що відшаровуються з поверхні прокату. Їх необхідно видаляти, щоб вони не заковувались в поверхню поковок.

Розшарування – це витягнута на значну довжину при прокатуванні злитку усадочна раковина чи порожнистість.

Флокени – це скупчення дрібних хвилястих тріщин чи плям сріблясто-білого кольору. Виявляються вони на поверхні зламу чи зрізу при відрізанні заготовок. Найчастіше цей вид дефекту уражає леговані хромонікелеві сталі.

#### *Підготовка металопрокату для оброблення.*

Злитки металу та металопрокат зберігаються на складі металу виробничого підприємства. При підготовці металу до процесів кування чи штампування виконують відбір потрібної марки сплаву, огляд металопродукції та направляють відібрану партію на підготовче чи заготівельне відділення.

Основне завдання підготовки металу це виявлення та видалення поверхневих та внутрішніх дефектів.

Місцеві дефекти на поверхні габаритних злитків видаляють вирубуванням пневматичними зубилами та киснево-полум'яним вирізанням. На дрібних та середніх злитках з легованих сталей поверхневі дефекти видаляють зачищенням абразивними кругами, струганням та точінням на спеціальних верстатах.

Підготовка обтисненого та прокатоного металу до різки на заготовки для кування чи штампування полягає у виявленні та видаленні пневматичними зубилами чи абразивними кругами поверхневих дефектів: рисок, волосків, закатів, плівок, розшарувань, тріщини та інше, які можуть привести до браку виготовлених поковок.

При видаленні дефектів зубилами слідкують щоб глибина видалення дефекту не перевищувала 5 % від діаметру прокату. Якщо глибина більша метал бракують. Утворена після вирубки зубилом западина має мати плавні кромки та округлу форму кутів, тому після обробки зубилами відповідні місця прошліфовують абразивними кругами.

Зачищенням шліфувальними кругами видаляють поверхневі неглибокі дефекти та вирівнюють краї кромки западин. Також абразивний інструмент використовують також для видалення ділянок

окалини та іржі на поверхні металу. При цьому замість абразивних каменів використовують дротові щітки.

В серійному та масовому виробництві для підготовки металопрокату часто застосовують безцентрово-шліфувальні верстати (рис. 2.4). Заготовку 2 встановлюють на опорний ніж 4 між ріжучим 1 та направляючим 3 кругами. Під дією сил тертя заготовка обертається та рівномірно зачищається по всій поверхні.

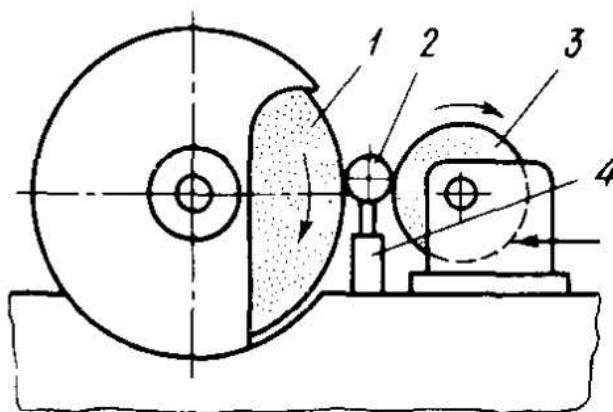


Рисунок 2.4 – Схема безцентрового шліфування:

1, 3 – ріжучий та направляючий круги; 2 – заготовка; 4 – опорний ніж

Для видалення знеуглецевленого шару на гарячекатаній сталі використовують безцентрові токарні верстати. В них пруток переміщується поступально через багаторізцеві головки, що обертаються. Прутки, що були зігнуті при транспортуванні піддають правці на спеціальних правильних станах.

Порядок виконання роботи.

1. Ознайомитись з основними матеріалами, які утворюються при доменному процесі, та видами заготовок для процесів машинобудування.

2. Розглянути особливості виплавлення сталі та видами продукції сталеливарного виробництва. Замалювати та описати будову сталевих злитків, з'ясувати основні причини виникнення неоднорідності металевих злитків.

3. Вивчити основні види браку сталевих зливків.

4. Ознайомитись з особливостями металургії кольорових металів та порошкової металургії.

5. Ознайомитись з основними видами заготовок для процесів машинного та ручного кування.

6. Замалювати основний сортамент металопрокату та обтиснених заготовок для кування. Вибрати згідно стандарту розмір та вид сортаменту прокату для процесу обробки у відповідності до завдання (*видається індивідуально*).

7. Вивчити та описати основні види дефектів металопродукції прокатного виробництва металургійних заводів.

8. Ознайомитись з основними способами підготовки прокату як заготовок для процесів машинобудування.

Питання для підготовки.

1. Наведіть характеристику основних продуктів доменного виробництва.

2. Як класифікують сталеве литво металургійних підприємств?

3. Які основні способи підвищення якості сталі ви знаєте?

4. Яка особливість порошкової металургії?

5. Назвіть основні види можливого браку великогабаритних зливків сталі.

6. Які методи виправлення ливарного браку ви знаєте?

7. Який вид металопродукції використовують для процесів виготовлення металопрокату для потреб машинобудування?

8. Для яких виробів використовують габаритні металеві зливки?

9. В чому проявляється неоднорідність зливків сталі та які причини її утворення?

10. Які основні види дефектів металевих зливків?

11. Що називають блюмами? Дати їх характеристику.

12. Що називають слябами? Для чого їх використовують.

13. Які види сортового прокату використовують в машинобудуванні? Чим відрізняються металопрофілі простого та фасонного січення?

14. Назвіть основні дефекти сортового прокату.

15. В чому полягає основне завдання підготовки металопрокату під обробку?

16. Як видаляють місцеві дефекти на поверхні злитків?

17. Поясніть спосіб безцентрового шліфування прокату перед обробкою.

### Практична робота 3 "Розробка ливарно-технологічних рекомендацій отримання виливка в разових піщаних формах"

Мета: набуття навичок з розробки креслення виливка, за кресленням деталі, та проектування технологічних процесів лиття заготовок у разові піщані форми.

Теоретичний матеріали.

Ливарним виробництвом називається процес одержання фасонних деталей (виливків) заливкою розплавленого металу в ливарні форми. Форма заповнюється металом через систему каналів, які називаються ливниковою системою. При цьому зовнішні контури виливка визначаються порожниною ливарної форми, а внутрішні – утворюються фасонними вставками, які називаються стержнями. Виливки виймають з ливарної форми після затвердіння.

Технологія виготовлення виливків в одноразових ливарних формах складається з наступних операцій:

- виготовлення модельного комплекту;
- приготування формуючих і стрижневих сумішей;
- виготовлення форм і стрижнів;
- сушка стрижнів (іноді і форм);
- складання форм;
- одержання рідкого металу;
- заливка форм металом;
- вибивка виливків із форм;
- обрубка та очистка лиття;
- термообробка виливків (за потреби);
- контроль готових виливків.

Розроблення креслення моделі відбувається з урахуванням лінійної усадки ливарних сплавів, що наведена в таблиці 3.1.

Крім моделі вибирають та розробляють ливникову систему для заливки металу у порожнину форми, що утворена моделлю під час формування.

Ливникова система – це сукупність каналів, якими рідкий метал надходить у ливарну форму. Зазвичай, ливникова система складається з ливникової чаші 1, стояка 2, шлаковловлювача 3, живильників 4 (рис. 3.1), а також випору 6 та надливу 5.

Ливникова чаша призначена для приймання рідкого металу з ковша. По стояку конічної форми 2 метал надходить у шлаковловлювач (переріз у формі трапеції) 3, який розміщено у верхній половині ливарної форми.

Таблиця 3.1 – Лінійна усадка ливарних сплавів

Сплав	Лінійна усадка, %	Сплав	Лінійна усадка, %
Сірий чавун:		Сталь вуглецева	
дрібні виливки	1,0–1,3	дрібні виливки	1,8-2,2
середні виливки	0,8-1,0	середні виливки	1,6-2,0
крупні виливки	0,5-0,8	крупні виливки	1,4-1,8
Білий чавун	1,5-2,0	Бронзи олов'яністі	0.8-1.2
Ковкий чавун:		Бронзи безолов'яністі та латунні	1,3-2,0
феритний	1,0-1,5	Силуміни	1,0-1,3
перлітний	1,2-2,0	Магнієві сплави	1,2-1,7
Високоміцний чавун	0,5-1,3		

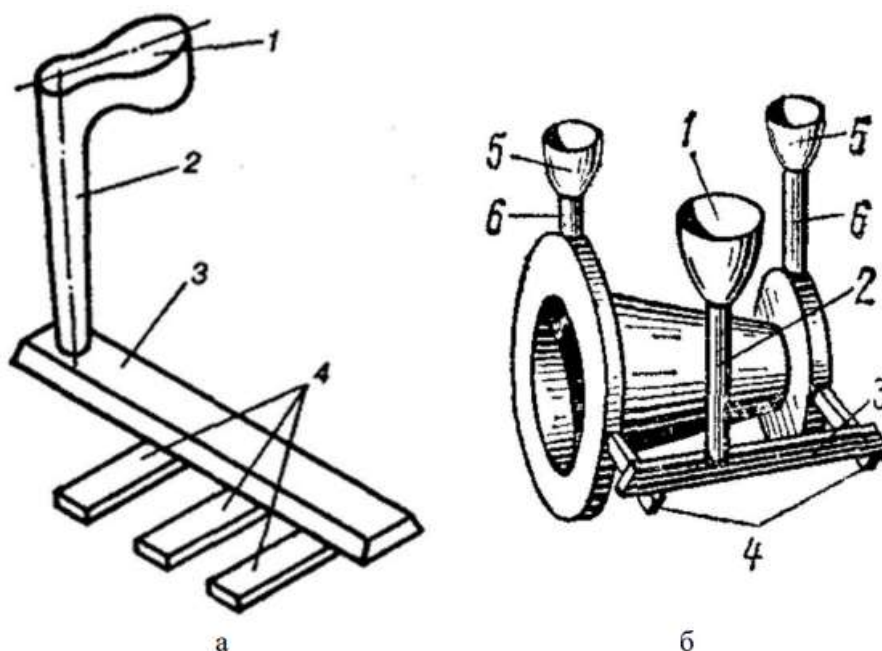


Рисунок 3.1 – Ливникова система:

1 – ливникова чаша, 2 – стояк, 3 – шлаковловлювач,  
4 – живильники; 5 – надлив, 6 – випор.

Шлаковловлювач призначений для затримування шлакових і земляних включень, які спливають на поверхню металу. Живильники 4 підводять рідкий метал у порожнину ливарної форми.

Випор 6 встановлюють у найвищій точці виливка. Рідкий метал заповнює випор останнім, що дає змогу контролювати заливання форми. Повітря виходить крізь випор при заповненні ливарної форми рідким металом. Надлив 5 застосовують для отримання виливків без усадкових раковин і пористості, які можуть утворюватися внаслідок зменшення об'єму розплаву при його кристалізації. Надливи розміщують біля масивних частин виливків, де усадка виявляється найбільш значною.

Модельним оснащенням називають пристосування для виготовлення форм і стержнів. Моделі, підмодельні плити (рис. 3.2), стержньові ящики відносяться до модельного оснащення. Підмодельні плити розділяють форму на дві частини, формують лінію роз'єму форми, яка складається з двох напівформ. У стрижневих ящиках формують стрижні, за допомогою яких отримують отвори у виливках, якщо це можливо за геометрією та розмірами цих отворів.

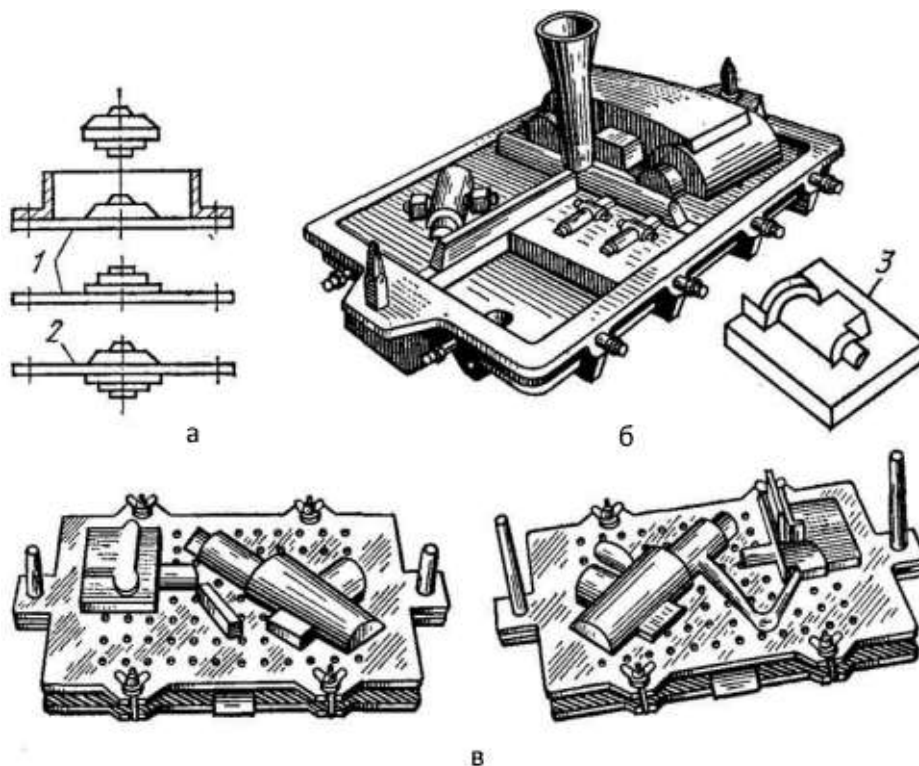


Рисунок 3.2 – Підмодельні плити:

а – одностороння (1) і двостороння (2) підмодельна плита; б – підмодельна плита зі змінними вкладишами 3; в – координатна плит.

Моделі – це пристосування, за допомогою яких у формувальній суміші одержують відбитки порожнини, що відповідають зовнішній конфігурації виливків.

Розміри моделі виконують більшими за відповідні розміри виливків на величину лінійної усадки сплаву (для вуглецевої сталі 1,8...2%, для чавуну 0,8...1,2%, для кольорових сплавів – 0,8...1,7%). Моделі роблять з деревини, металевих сплавів і пластмас.

Креслення виливка з технологічними вимогами повинно мати усі дані, необхідні для виготовлення, контролю та приймання виливка та виконуються у відповідності до вимог стандартів. Допускається креслення виливка виконувати на копії креслення деталі. У графі 1 основного напису креслення під найменуванням деталі пишуть слово «виливок». Креслення деталі є основою для розробки креслення її виливка та проектування технологічного процесу виготовлення виливка. Під час розробки креслення виливка враховують усі припуски із зазначенням їх величини.

Внутрішній контур поверхонь, які обробляються, а також отворів, западин та виточок, які не виконуються литтям, на кресленні виливка вказують суцільною тонкою лінією (рисунк 3.3).

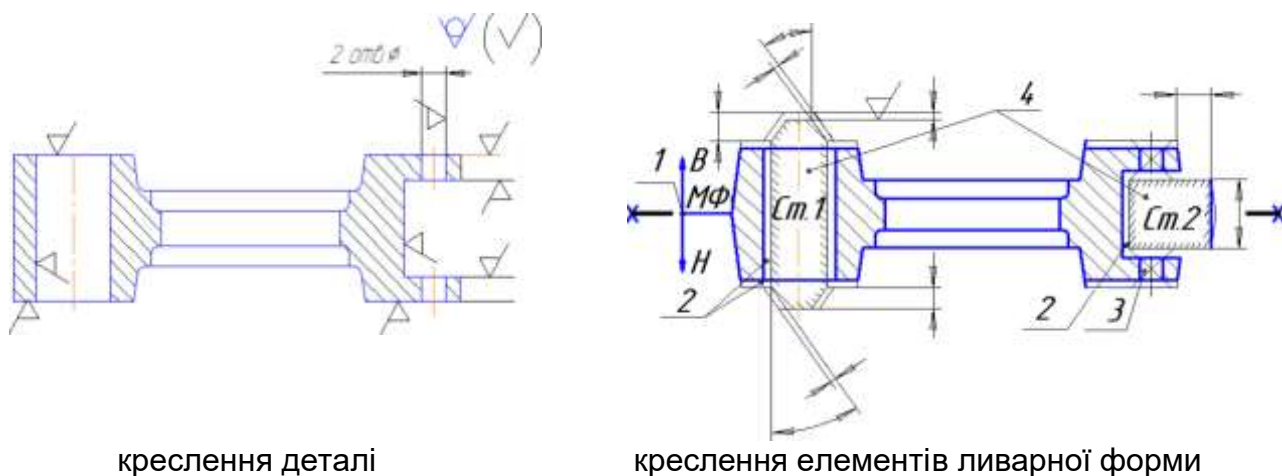


Рисунок 3.3 – Розробка технологічно-ливарних вказівок (елементів ливарної форми)

У випадку литва у піщані чи земляні форми, на копію креслення деталі наносять технологічні вказівки, які необхідні для виготовлення модельного комплекту, форми, стрижня, і отримують креслення елементів ливарної форми (рис. 3.3). На цьому кресленні вказують поверхню роз'єму моделі та форми, положення виливка при заливанні, ухили (табл. 3.2), припуски на обробку різанням (табл. 3.3), положення

стрижнів, їх знаки, розміри та інші технологічні вказівки, необхідні для виготовлення модельного комплекту, форми та стрижнів (*Ст*).

Таблиця 3.2 – Величини формувальних ухилів для виливків, які отримують в піщано-глинистих формах

Висота моделі, мм	Формувальні ухили			
	Дерев'яна модель		Металева модель	
	град	мм	град	мм
До 20	0,5	1,0	1,30	0,5–1,0
20–50	1,30	1,0–2,0	1,0	0,8–1,2
50–100	1,0	1,5–2,5	0,45	1,2–1,5
100–200	0,45	2,0–3,0	0,30	1,5–2,0
200–300	0,30	2,5–4,0	0,30	2,0–3,0

Таблиця 3.3 – Припуски (мм) на обробку виливків різанням

Габаритний розмір, мм	Положення поверхні при заливанні	Для сірого чавуну	Для сталі	Для кольорових сплавів (бронза, латунь, сілумін)
120	Верх Низ, бік	3,5 2,5	4,5 4,0	–
121–260	Верх Низ, бік	4,0 3,0	5,0 4,0	3 –
261–500	Верх Низ, бік	4,5 3,5	6,0 5,0	4
501–800	Верх Низ, бік	5,0 4,0	7,0 5,0	5
801–1250	Верх Низ, бік	6,0 4,0	8,0 6,0	– 6
1251–2000	Верх Низ, бік	7,0 4,5	9,0 7,0	– 7

Вибір варіанта розташування вилівка у ливарній формі є першочерговим завданням розробки технологічного процесу

виготовлення виливка. Поверхня, за якою під час складання ливарної форми з'єднуються її частини, називається поверхнею роз'єму. Правильні роз'єми форми та моделі забезпечують зручність виготовлення форми, її збирання і якість виливків. Роз'єм моделі і форми показують відрізком або штрихпунктирною лінією, що закінчується знаком Х— —Х. Над нею вказують літерне позначення роз'єму (МФ) на креслениках елементів ливарної форми (рис. 3.3).

Встановлення виливка у формі при заливанні позначають буквами В (верх) і Н (низ), які проставляють біля стрілок, що показують напрямок роз'єму. Напрямок роз'єму позначається суцільною основною лінією, яку обмежено стрілками, перпендикулярними до лінії роз'єму.

Під час визначення поверхні роз'єму форми потрібно керуватися такими правилами:

- весь виливок, якщо дозволяє його конструкція, потрібно розташовувати в нижній частині форми: при цьому виключається перекося виливка;
- поверхню роз'єму бажано проектувати горизонтальною;
- поверхня роз'єму форми має забезпечувати вільне виймання моделі з форми і зручне встановлення стрижнів;
- форма має мати мінімальне число стрижнів, за можливості, простої конфігурації.

Виливок є заготовкою деталі і відрізняється від деталі розмірами та формою. Розміри виливка змінюються в тих місцях, де на поверхні деталі вказано знак шорсткості обробки. Зовнішні розміри збільшуються, а внутрішні – зменшуються на величину припуску на механічну обробку. Цей шар металу (на сторону) видаляється в процесі механічної обробки виливка з його поверхонь для отримання заданої геометричної точності і якості поверхні деталі.

Припуск на обробку металу різанням залежить:

- від способу виготовлення виливка;
- розташування виливка у формі;
- класу точності виливки;
- найбільшого габаритного розміру литої деталі; матеріалу виливка (табл. 3.3).

Для верхньої частини виливка призначають припуски більші, ніж для нижньої та бокових, оскільки у верхній частині скупчуються шлакові включення і з'являються газові раковини.

За формою виливок відрізняється від деталей також наявністю напусків, які полегшують процес його виготовлення. До них відносяться ливарні ухили, галтелі (скруглення гострих кромek), припливи, отвори і западини, що не виконуються литтям. Наявність ухилів на моделях є головною причиною значних відхилень розмірів виливків від номінальних.

У вилівка, що отримано в піщані форми, на оброблених поверхнях понад припуску на механічну обробку потрібно виконувати формувальні ухили. Допускається виконання ухилів за рахунок зменшення припуску, але не більше 30% його значення. Формувальні ухили на необроблених поверхнях вилівка, які не сполучаються з контурами інших елементів деталі можна виконувати за рахунок збільшення або зменшення розмірів вилівка (рис. 3.4). Значення формувальних ухилів у модельних комплектах для піщано-глинистих сумішей вказані в табл. 3.4. Чим більша висота поверхні, тим абсолютна величина ухилу менша. На дерев'яних моделях рекомендується виконувати більші ухили, ніж на металевих.

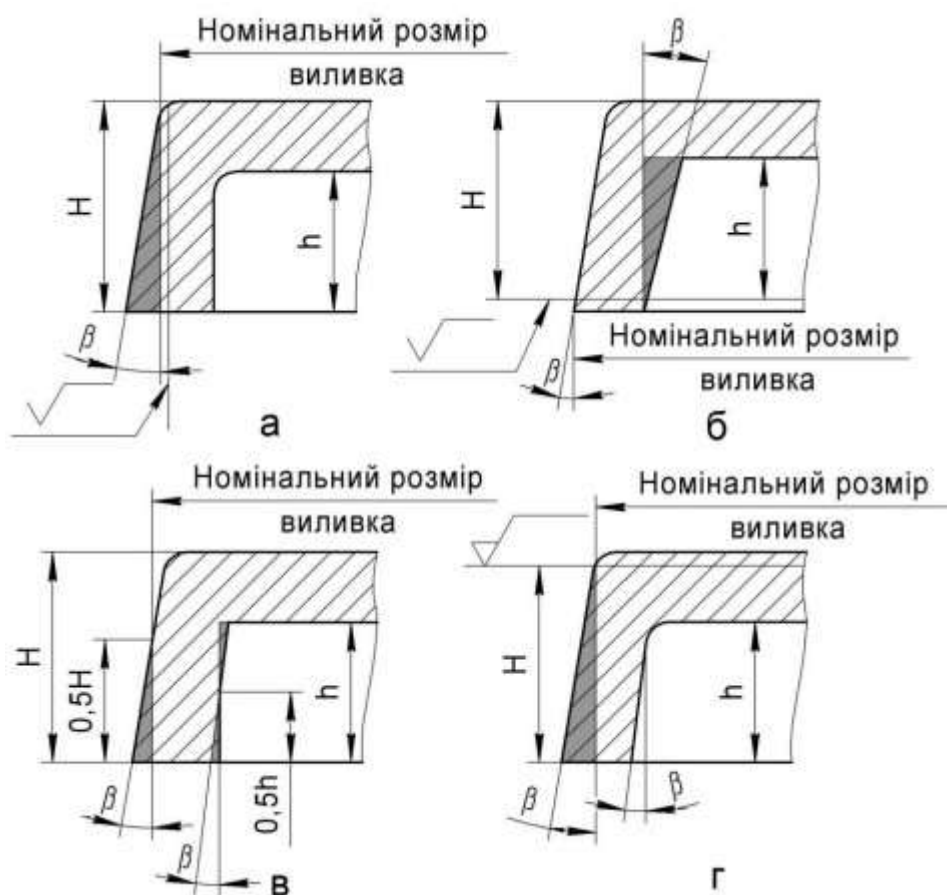


Рисунок 3.4 – Формувальні ухили для необроблених поверхонь

Виливок має мати, за змоги, рівномірну товщину стінки, оскільки в місцях потовщення стінок можуть утворюватися дефекти усадкового характеру (пористість, усадкові раковини, тріщини). Також виливок не може мати гострих кутів і різких переходів від товстих стінок до тонких. Сполучення стінок потрібно виконувати плавними переходами – скругленнями, які називають *галтелями*.

Якщо товщини стінок відрізняються менше ніж удвічі, то за їх спряження рекомендується застосовувати галтелі (радіуси внутрішніх кутів) від  $1/6$  до  $1/3$  середнього арифметичного товщини сполучених стінок. Величина радіусу визначається за формулою  $r=(1/6-1/3)[(a+b)]/2$  (рис. 3.5, а). За різниці товщини сполучених стінок вдвічі і більше рекомендується клинове спряження (рис. 3.5, б). Довжина цього сполучення  $L$  для чавуну і кольорових сплавів береться  $L=4(a-b)$ , для сталі  $L=5(a-b)$ .

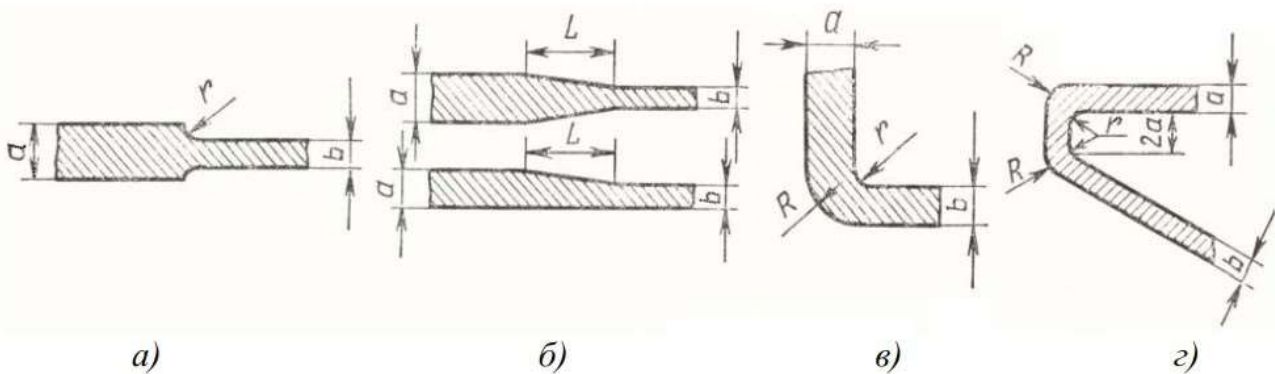


Рисунок 3.5 – Приклади спряження стінок виливка

У випадку кутових сполученнях стінок різної товщини (рис. 1.6, в) галтель виконують радіусом  $r$ , визначеним за наведеною вище формулою. Зовнішній радіус заокруглення  $R$  дорівнює товщині більшої стінки.

Напуски – отвори, западини інші елементи, що не виконуються у виливках, закреслюють тонкими лініями (рис. 3.3). Контури стрижнів зі знаками, що потрапляють у розріз, позначають суцільними тонкими лініями з коротким штрихуванням за контуром. Номери стрижнів позначають  $Ст1$ ,  $Ст2$  і далі. Для отримання у формі відбитків знакових частин стержнів, якими стержень кріпиться у формі, модель має знаки – виступаючі частини. Для виготовлення стержнів використовують стержневі ящики. Стержні встановлюються у ливарних формах під час їх збирання.

За розробленими ливарно-технологічними вказівками виготовляють моделі виливків. На рисунку 3.6 наведено креслення дерев'яної моделі для отримання виливка важеля у піщаній формі, що виготовлена за способом ручного формування. Конструкція моделі має забезпечувати можливість ущільнення формувальної суміші та видалення моделі з форми. Тому, у випадку використання окремої моделі (без підмодельної плити), найчастіше вона робиться рознімною, причому в її нижній частині є отвори, а у верхній – шипи 4, за допомогою яких обидві частини моделі фіксуються.

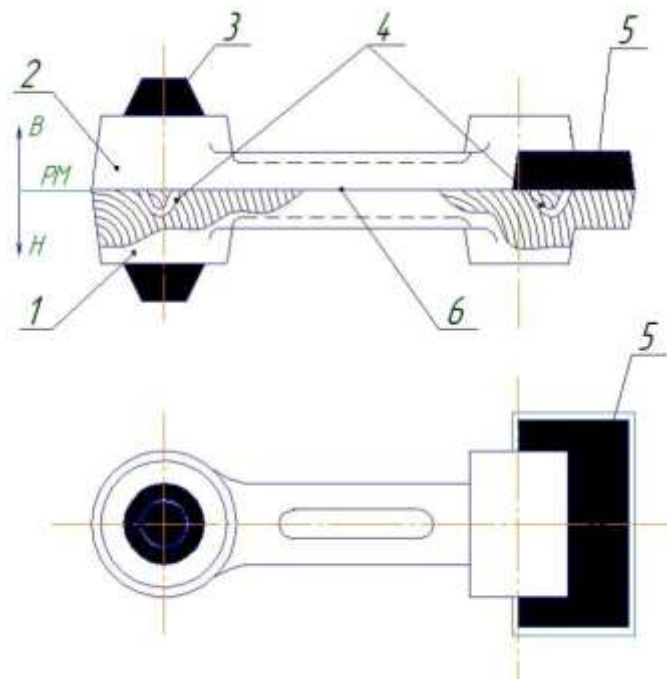


Рисунок 3.6 – Модель виливка важеля

Розміри моделі виливки у масовому та великосерійному виробництві вказуються на її кресленнику з урахуванням ливарної усадки сплаву (табл. 3.4). У дрібносерійному і одиничному виробництві усадка сплаву у відсотках вказується під час розробки креслення елементів ливарної форми.

Таблиця 3.4 – Припуски на усадку ливарних сплавів

Метал виливка	Види виливка	Припуск на усадку, %
Серий чавун	Дрібні, середні	0,8–1,2
Мідні сплави	Дрібні, середні	1,4
Алюмінієві сплави	Дрібні, середні	0,8–1,2
Сталь	Дрібні, середні	1,5

Для виготовлення піщаних форм використовують модельні комплекти та опочне оснащення. До модельного комплексу входять: моделі або модельні плити, стрижневі ящики, моделі ливникової системи, випорів та живильників, прибуткових частин.

Модель вилівка важеля з ливниковою системою зображено на рисунку 3.7. Креслення відповідної ливарної форми показано на рисунку 3.8. Зовнішня конфігурація вилівка утворюється формою, а внутрішня (циліндричний отвір і наскрізний паз) виконується циліндричним стрижнем  $Cm1$  і плоским стрижнем  $Cm2$ . Кожен стрижень за допомогою знаків встановлюється і фіксується у формі. Конструкція знаків має забезпечувати стійке положення стрижнів в формі.

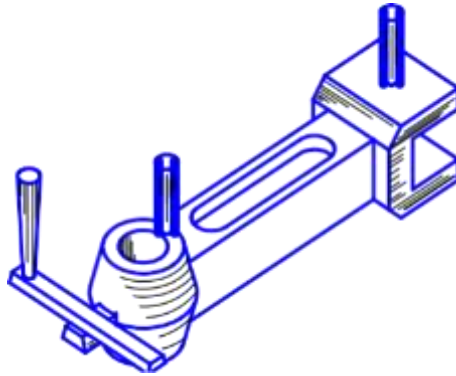


Рисунок 3.7 – Модель вилівка важеля з ливниковою системою

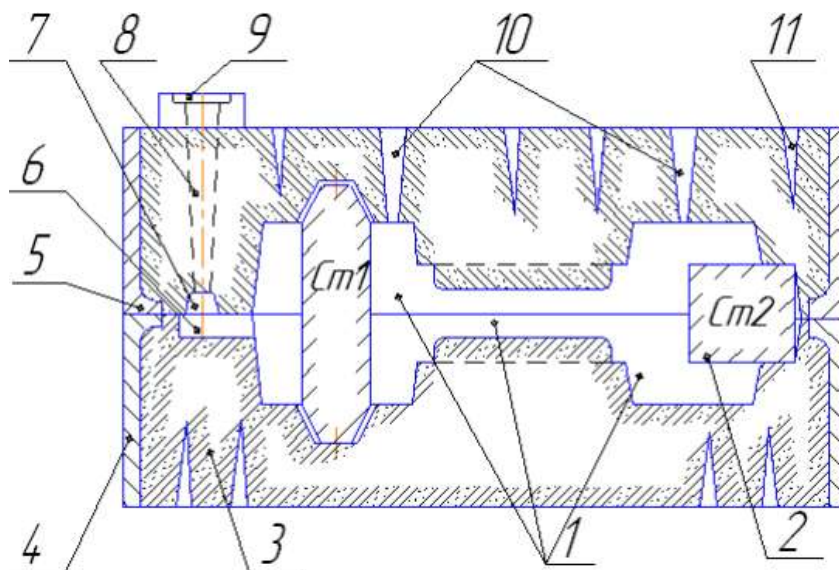


Рисунок 3.8 – Ливарна форма для отримання вилівка важеля:  
1 – порожнина форми; 2 – стрижні; 3 – формувальна суміш; 4 – нижня опока; 5 – верхня опока; 6–9 – ливникова система; 10 – випори; 11 – газоканали



Таблиця 3.6 – Довжина  $l$  (мм) горизонтальних знаків стрижнів

Розміри стрижня ( $a + b)/2$ або $D$ , мм	Довжина $l$ знака, не більша, за довжини $L$ стрижня, мм							
	до 50	50–80	80–120	120–180	180–250	250–315	315–400	400–500
До 30	20	25	30	35	–	–	–	–
30–50	20	25	30	35	45	50	–	–
50–80	20	25	30	40	50	55	60	70
80–120	20	25	35	45	55	60	70	80

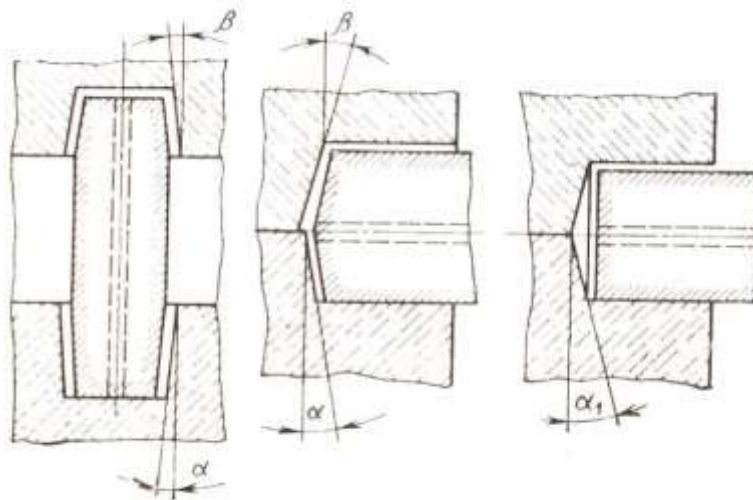


Рисунок 3.10 – Ухили знаків стрижнів

Таблиця 3.7 – Формувальні уклони на знакових частинах стрижня

$h$ або $h_1$ , мм	$\alpha$ , град	$\beta$ , град	$\alpha_1$ , град
До 30	10	15	4
30–50	7	10	3
50–80	6	8	2
80–120	6	8	2
120–180	5	6	1
180–250	5	6	0

Нижні знаки вертикальних стрижнів є опорними, тому їх висота може бути більшою висоти верхніх знаків.

Для виготовлення форм крім модельних комплектів використовуються опоки, центрувальні стрижні та інші пристосування. Форма виготовляється в опоках, які оберігають її від руйнування під час збирання, транспортування і заливання.

### Порядок виконання роботи.

1. За кресленням деталі (видається індивідуально), користуючись короткими теоретичними відомостями, викладеними вище, і умовами виробництва деталі (масове, дрібносерійне, одиничне), розробити креслення вилівка та креслення елементів ливарної форми (модельно-ливарних вказівок).

2. За допомогою отриманого креслення елементів ливарної форми розробити креслення моделі або модельних плит, а також ескізи стрижневого ящика і стрижнів.

3. Розробити креслення ливарної форми з усіма складовими ливникової системи.

4. У письмовому додатку до виконаних креслень додати визначення вилівка, моделі, стрижня та ливарної форми. Вказати основні відмінності між деталлю і вилівком, вилівком та моделлю.

### Питання для підготовки.

1. З яких матеріалів виготовляють моделі вилівка та модельні плити?

2. Перелічіть основні відмінності вилівка від деталі.

3. Поясніть призначення ливарних ухилів на моделях вилівка.

4. Для чого призначені стрижневі знаки на моделях вилівка?

5. В яких випадках при виготовленні піщано-глинистих ливарних форм використовують модельні плити?

6. Чому зовнішні розміри вилівка менші розмірів ливарної форми?

7. Вкажіть основні причини, за якими доцільно розташовувати вилівок в нижній частині ливарної форми. З яких матеріалів виготовляють моделі вилівка та модельні плити?

8. Перелічіть основні відмінності вилівка від деталі.

9. Поясніть призначення ливарних ухилів на моделях вилівка.

10. Для чого призначені стрижневі знаки на моделях вилівка?

11. В яких випадках при виготовленні піщано-глинистих ливарних форм

12. використовують модельні плити?

13. Чому зовнішні розміри вилівка менші розмірів ливарної форми?

14. Вкажіть основні причини, за якими доцільно розташовувати вилівок в нижній частині ливарної форми.

## Практична робота 4 "Розрахунок режимів електродугового зварювання заготовок"

Мета: набуття навичок з розрахунку режимів електродугового зварювання металевих заготовок, вибору обладнання, параметрів його налаштування та матеріалів зварювального процесу.

Теоретичний матеріали.

Для отримання якісного зварного з'єднання потрібно призначити режим зварювання, який визначається, насамперед, величиною струму, напругою та швидкістю зварювання.

Режимом зварювання називають сукупність основних характеристик зварювального процесу, що забезпечує утворення зварних швів заданих розмірів, форми та якості.

За ручного електродугового зварювання основними параметрами режиму є:

1. Діаметр електрода,  $d_{ел}$ , мм.
2. Сила зварювального струму,  $I_{зв}$ , А.
3. Напруга електричної дуги,  $U_d$ , В.
4. Швидкість зварювання,  $v_{зв}$ , м/год.

Величина зварювального струму залежить від багатьох параметрів: складу і товщини зварюваного металу, положення шва в просторі, діаметра електрода та ін. За узагальненими практичними даними встановлено таку емпіричну залежність для визначення величини зварювального струму (А):

$$I = k d_{ел},$$

де  $k$  – коефіцієнт поправки;  $k=40...60$  А/мм для електродів зі стрижнем з низьковуглецевої сталі,  $k=35...40$  А/мм – для високолегованої сталі;

$d_{ел}$  – діаметр електрода, мм (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Вибір діаметра електрода

Товщина металу, мм	0,5	1...2	2...5	5...10	Вище 10
Діаметр електрода, мм	1,5	2,0...2,5	2,5...4,0	4...6	4...8

Довжина дуги істотно впливає на якість шва. За оптимальної довжини дуга горить стійко і забезпечує отримання якісного зварного шва. Довга дуга часто гасне і призводить до надмірного розбризкування металу, мала довжина – до короткого замикання. За

практичними даними довжина дуги (мм) залежить від діаметру електрода:

$$l_d = 0,5 (d_{\text{ел}} + 2).$$

На практиці довжина дуги  $l_d=2...8$  мм.

Напруга горіння дуги за величини зварювального струму понад 100 А практично залежить лише від довжини дуги. Величина напруги (В) визначається за залежністю:

$$U_d = \alpha + \beta l_d,$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що характеризує спад напруги на електродах;  $\alpha=10...12$  В для сталевих електродів,  $\alpha=35...38$  В для вугільних електродів;

$\beta$  – коефіцієнт, що характеризує спад напруги на 1 мм довжини стовпа дуги;  $\beta=2,0...2,5$  В/мм залежно від марки зварюваного металу, складу газу в дуговому проміжку і інших чинників.

Напруга запалювання дуги для постійного струму становить 40...60 В, для змінного – 60...80 В.

Додатковими параметрами режиму зварювання є: рід струму (постійний чи змінний), також полярність струму (за постійного струму).

#### *Методика розрахунку режиму зварювання за стикового зварювання.*

Шви стикових з'єднань можуть виконуватися з обробленням і без оброблення крайок за ДСТУ EN ISO 9692-1:2014.

Діаметр електрода при зварюванні швів стикових з'єднань вибирають залежно від товщини зварюваних деталей.

Під час вибору діаметра електрода при зварюванні стикових швів у нижньому положенні потрібно керуватися даними таблиці 4.1.

За зварювання багат шарових швів на металі товщиною 10...12 мм і більше перший шар необхідно зварювати електродами на 1 мм меншими, ніж зазначено в таблиці 4.1, але не більше 5 мм (найчастіше 4 мм), тому що застосування електродів більших діаметрів не дозволяє проникнути в глибину оброблення для проварення кореня шва.

Під час визначення числа проходів варто враховувати, що переріз першого проходу не може перевищувати 30...35 мм<sup>2</sup> і може бути визначеним за формулою

$$F_1 = (6...8) d_{\text{ел}}, \text{ мм}^2,$$

а наступних проходів – за формулою

$$F_n = (8...12) d_{\text{ел}}, \text{ мм}^2,$$

де  $F_1$  – площа поперечного перерізу першого проходу,  $\text{мм}^2$ ;

$F_n$  – площа поперечного перерізу наступних проходів,  $\text{мм}^2$ ;

Для визначення числа проходів і маси наплавленого металу потрібно знати площу перерізу швів.

Площа перерізу швів являє собою суму площ елементарних геометричних фігур, їхніх складових. Тоді площа перерізу однобічного стикового шва, виконаного без зазору, можна визначити за формулою

$$F_1 = 0,75eg, \text{ мм}^2$$

а за наявності зазору в з'єднанні – за формулою

$$(F_1 + F_2) = 0,75eg + Sb, \text{ мм}^2$$

де  $e$  – ширина шва, мм;

$g$  – висота посилення шва, мм;

$S$  – товщина зварюваного металу, мм;

$b$  – величина зазору в стику, мм.

Площа перерізу стикового шва з V-подібним обробленням і з підваркою кореня шва (рис. 4.1) визначається як сума геометричних фігур:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + 2F_4.$$

Глибина проплавлення визначається за формулою

$$h = (S - c), \text{ мм}$$

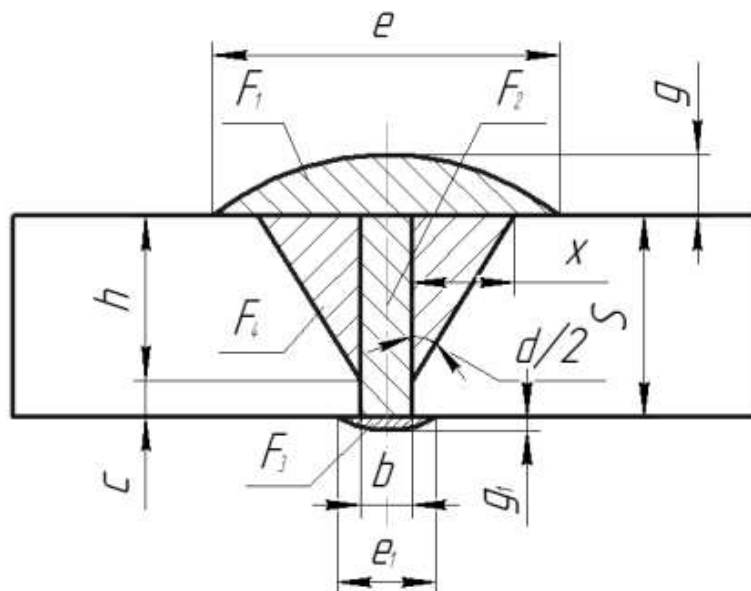


Рисунок 4.1 – Геометричні елементи площі перерізу стикового шва:

$S$  – товщина металу, мм;  $h$  – глибина проплавлення, мм;  $c$  – величина притуплення, мм;  $e$  – ширина шва, мм;  $e_1$  – ширина підварки кореня шва, мм;  $b$  – величина зазору, мм;  $g$  – висота посилення шва, мм;  $g_1$  – висота посилення підварювання кореня шва, мм;  $\alpha$  – кут оброблення крайок

Площу провару  $F_3$  визначаємо аналогічно  $F_1$  ( $F_1=0,75e_1g_1$ ).

Площу прямокутних трикутників  $F_4$  визначають за формулою

$$F_4 = \frac{h^2 \operatorname{tg} \alpha}{2}$$

Підставляючи значення елементарних площ отримаємо остаточну формулу перерізу стикового шва:

$$F_H = 0,75eg + Sb + 0,75e_1g_1 + h^2 \operatorname{tg} \alpha / 2, \text{ мм}^2.$$

Знаючи загальну площу поперечного перерізу наплавленого металу ( $F_H$ ), а також площу поперечного перерізу першого ( $F_1$ ) і кожного з наступних проходів шва ( $F_n$ ), знаходять загальне число проходів « $n$ » за формулою:

$$n = (F_H - F_1) / F_n + 1$$

Отримане число округляють до найближчого цілого.

Розрахунок зварювального струму при ручному дуговому виконують за величиною діаметра електрода та густиною струму згідно формули:

$$I = \frac{\pi d_{\text{ел}}^2 \cdot j}{4},$$

де  $d_{\text{ел}}$  – діаметр електрода, мм;

$j$  – допустима густина струму, А/мм<sup>2</sup>;

Зварювальний струм визначається для зварювання першого проходу й наступних проходів тільки при зварюванні багатопрохідних швів.

Припустима густина струму залежить від діаметра електрода й виду покриття: чим більший діаметр електрода, тим менша припустима густина струму, тому що погіршуються умови охолодження (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Припустима густина струму в електроді при ручному дуговому зварюванні

Вид покриття	Діаметр стрижня електрода, мм				
	2	3	4	5	6 і більше
Основне	15,0–20,0	13, 0–18,5	10,0–14,5	9,0–12,5	8,5–12,0
Кисле, рутилові	14,0–20,0	13, 5-19,0	11, 5-15,0	10, 0-13,5	9, 5-12,5

Напруга на дузі при ручному дуговому зварюванні змінюється в межах 20...36 В і при проектуванні технологічних процесів ручного дугового зварювання не регламентується. Тому напругу на дузі рекомендується взяти якусь певну з цих меж.

Швидкість переміщення дуги (швидкість зварювання) визначають за формулою

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \times I_{зв}}{\rho \times F_n \times 100}, \text{ м/ГОД},$$

де  $\alpha_n$  – коефіцієнт наплавлення, г/А год; (табл. 4.3)

$\rho$  – густина наплавленого металу за певний прохід, г/см<sup>3</sup>  
(7,8 г/см<sup>3</sup> – для сталі);

$I_{зв}$  – сила зварювального струму, А;

$F_n$  – площа перерізу наплавленого металу, мм<sup>2</sup>.

Таблиця 4.3 – Коефіцієнти наплавлення для різних марок електродів

Марка електрода	Струм і полярність	Напруга на дузі, В	Коефіцієнт наплавлення, г/А·год
УОНІ 13/45	Постійний прямої полярності	20 – 25	8,0
УОНІ 13/55		22 – 26	7,0 – 8,0
ЦМ – 7		27 – 30	10,0
АНО – 4С	Змінний	32 – 34	8,0 – 8,3

Маса наплавленого металу (у грамах) визначається за геометричними розмірами зварних швів:

$$M = LF\rho/1000,$$

де  $L$  – довжина зварного шва, мм;

$F$  – площа поперечного перерізу шва, мм<sup>2</sup>;

$\rho$  – густина наплавленого металу; для сталі (сталь - 7,85 г/см<sup>3</sup>).

Кількість металу (у грамах), що переходить в шов під час розплавлення одного електрода:

$$m = \frac{\pi d_{ел}^2 l_e \rho}{4 \cdot 1000} K,$$

де  $l_e$  – стандартна довжина електрода 450 мм;

$K$  – коефіцієнт використання електрода, що враховує втрати електродного металу на розбризування, чад і недогарок (недогарок – це невикористана частина електрода, що залишається в електродотримачі),  $K = 0,7...0,75$ .

Необхідна кількість (шт.) електродів стандартної довжини:

$$n = \frac{M}{m}.$$

Повний час зварювання (год.):

$$T = \frac{t_0}{k_3},$$

де  $t_0$  – основний час горіння дуги, год.;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження зварника;  $k_3 = 0,4...0,8$  залежно від виду виробництва та характеру виконуваної роботи.

Основний час горіння дуги (год.):

$$t_o = \frac{M}{Ik_n},$$

де  $M$  – маса наплавленого металу, г;

$I$  – величина зварювального струму, А;

$k_n$  – коефіцієнт наплавлення;  $k_n=7...8$  г/(А·год) для тонко обмазаних якісних електродів,  $k_n=10...12$  г/(А·год) для товсто обмазаних якісних електродів.

Швидкість зварювання (м/год):

$$V_{зв} = \frac{L}{t_o}.$$

За результатами розрахунку роблять висновок про економічні показники процесу та його вартість для конкретних умов.

Порядок виконання роботи.

1. Ознайомитися з галузями застосування ручного електро-дугового зварювання, властивостями зварювальної дуги, принципом роботи та будовою джерел живлення зварювальної дуги, видами зварювальних електродів і електродних покриттів.

2. Розглянути основні параметри електро-дугового зварювання.

3. Вивчити та засвоїти методику розрахунку режиму ручного електро-дугового зварювання.

4. Розрахувати режим зварювання для зварного з'єднання, згідно варіанту виданого викладачем. Визначити необхідну кількість електродів для зварювання, повний час зварювання, основний час горіння електричної дуги та швидкість зварювання.

5. Зробити висновки по роботі

Питання для підготовки.

1. Дайте означення терміна «електрична дуга».

2. Які металургійні процеси протікають при ручному електродуговому зварюванні?

3. Поясніть принцип вибору сталевих електродів для ручного зварювання.

4. Пояснити з якою метою металеві електроди покривають обмашенням.

5. Що необхідно знати для визначення числа проходів і маси наплавленого металу під час електро-дугового зварювання?

6. Як розраховують величину зварювального струму за ручного електро-дугового зварювання?

7. Як можна визначити кількість стандартних електродів для виконання повного циклу зварювання?

### Практична робота 5 "Вивчення будови спірального свердла та особливостей процесу свердлування"

Мета: ознайомитись з будовою спірального свердла, геометрією його ріжучої частини, інструментом та видами робіт, які застосовуються при обробці на свердлувальних верстатах.

#### Теоретичний матеріали.

Свердлувальні верстати використовуються для отримання і обробки отворів. Деталь, що обробляється закріплюють нерухомо; ріжучий інструмент отримує два рухи: обертовий (головний) і поступальний в осьовому напрямку (рух подачі).

В якості ріжучого інструменту при цьому використовують свердла, зенкери, розверстки тощо.

На рисунку 5.1 показані частини та елементи спірального свердла з конічною (уверх) та циліндричною хвостовою частиною.

За конструкцією та призначенням свердла ділять на спіральні, центрові й спеціальні. Спіральне свердло, яке найбільш часто застосовують для свердління і розсвердлювання, складається з робочої частини 6, шийки 2, хвостовика 4 і лапки 3. В робочій частині розрізняють ріжучу 1 і направляючу 5 частини з гвинтовими канавками. Шийка 2 з'єднує робочу частину з хвостовиком, який служить для встановлення свердла в шпинделі верстата. Лапка 3 є упором для вибивання свердла зі шпинделя. Поводок 7 у циліндричного свердла призначений для додаткової передачі крутного моменту. Свердло має два головних ріжучих леза 11 (рис. 5.2), які утворенні пересіканням передніх і задніх поверхонь, що виконують основну роботу різання, поперечне ріжуче лезо (кромка) і дві

допоміжні ріжучі кромки. На циліндричній частині свердла вздовж гвинтової канавки розташовані дві вузькі смужки, які забезпечують направлення свердла під час різання.

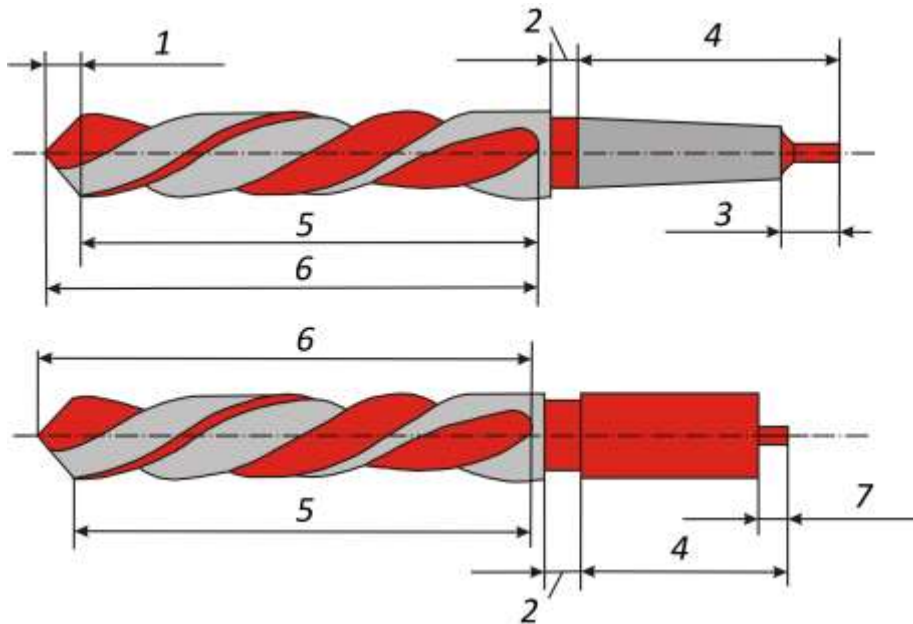


Рис. 5.1 – Частини та елементи спірального свердла

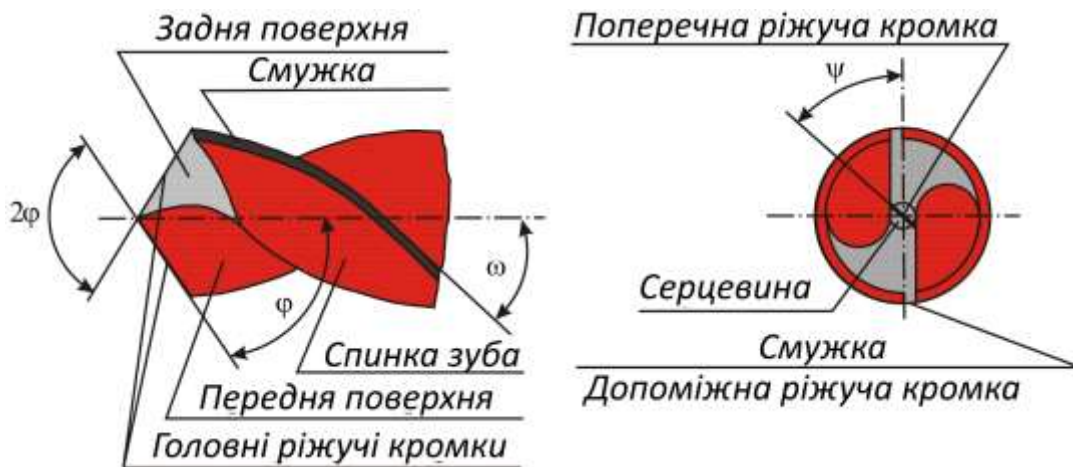


Рис. 5.2 – Геометрія ріжучої частини свердла

На відміну від свердла зенкери (рис. 5.3 а, б, в) мають три або чотири головних ріжучих леза і не мають поперечного леза. Ріжуча частина 1 зенкера виконує основну роботу різання, калібруюча частина 5 направляє зенкер в отвір. Решта частин зенкера подібна елементам свердла: шийка 2, лапка 3, хвостовик 4, робоча частина 6.

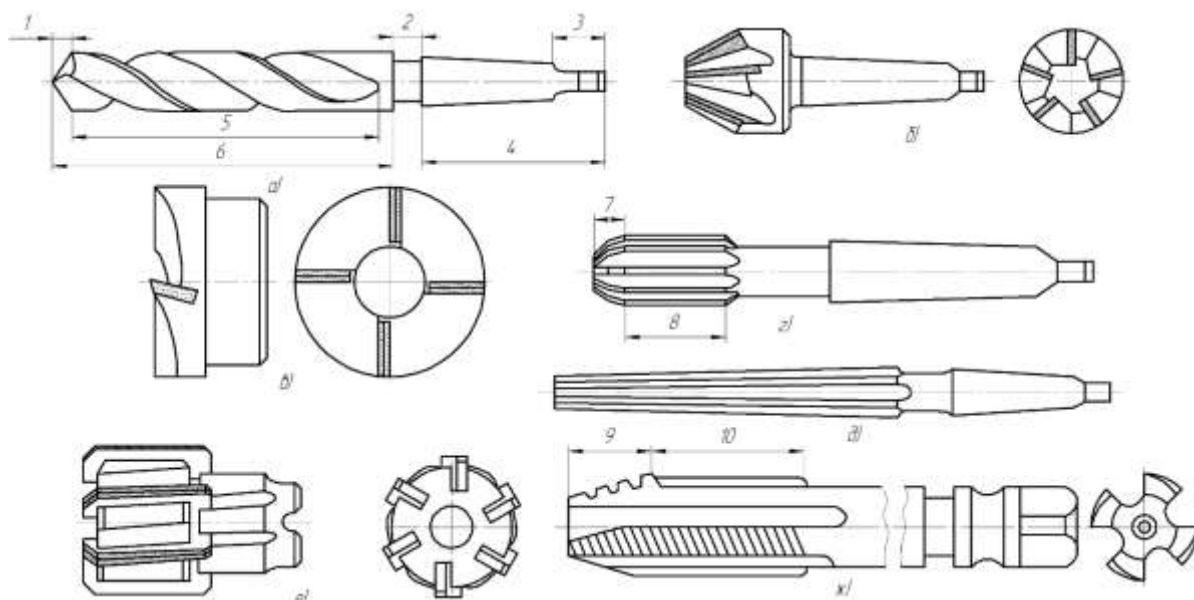


Рис. 5.3 - Інструменти для обробки отворів на свердлувальних верстатах

За видом обробки зенкери поділяються на циліндричні (а), конічні (б) і торцеві (в). Зенкери бувають цільні з конічним хвостовиком (а, б) і насадні (в).

Розверстки (рис. 5.3 г, д, е) мають 6...12 головних ріжучих лез (г, д), які розташовані на ріжучій частині 7 з направляючим конусом. Калібрувальна частина 8 направляє розверстку в отвір. Розрізняють циліндричні (г) і конічні (д) розверстки.

Мітчики (рис. 5.3 ж) застосовують для нарізання внутрішньої різьби. Мітчик являє собою гвинт з прорізаними прямими або спіральними канавками, що утворюють ріжуче лезо. Робоча частина його має ріжучу (заборну) 9 і калібруючу 10 частини. Профіль різьби мітчика відповідає профілю різьби, що нарізається.

Режим різання при свердлінні характеризується швидкістю різання  $v$ , яка являє собою кільцеву швидкість точки ріжучого леза, найбільш віддалену від осі свердла, м/хв:

$$v = \frac{\pi D n}{1000},$$

де  $D$  – зовнішній діаметр свердла, мм;

$n$  – частота обертання свердла, хв<sup>-1</sup>.

Подача  $S_b$ , хв/об., рівна величині осьового переміщення свердла за один оберт свердла.

Глибину різання  $t$ , мм, при свердлінні приймають рівну половині діаметра свердла, а при розсвердлюванні – половині різниці діаметра свердла і отвору, що розсвердлюють.

На рисунку 5.4 зображений загальний вид вертикально-свердлувального верстата. На опорній плиті 1 станини змонтована колона 2. В верхній частині колони розташована коробка швидкостей 5, через яку передається головний обертовий рух шпинделя з ріжучим інструментом.

Рух подачі інструмент отримує через коробку передач, яка розташована в кронштейні 4. Заготовку встановлюють на стіл 3. Стіл і кронштейн мають переміщення, яке визначають за обробки.

Співвісність осі обертання інструмента з отвором, що обробляється досягається переміщенням заготовки.

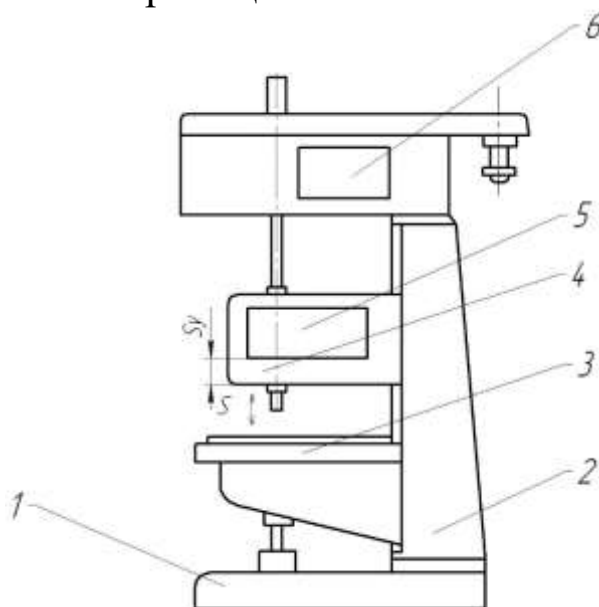


Рис. 5.4 - Схема вертикально-свердлувального верстата

На вертикально-свердлувальному верстаті виконують такі роботи (рис. 5.5):

- свердлування наскрізних отворів спіральним свердлом (а);
- розсвердлювання для збільшення діаметра свердлом більшого діаметра (б);
- зенкерування, тобто обробку попередньо отриманих отворів для придання їм більш ідеальної геометричної форми і зменшення шорсткості поверхні (в);

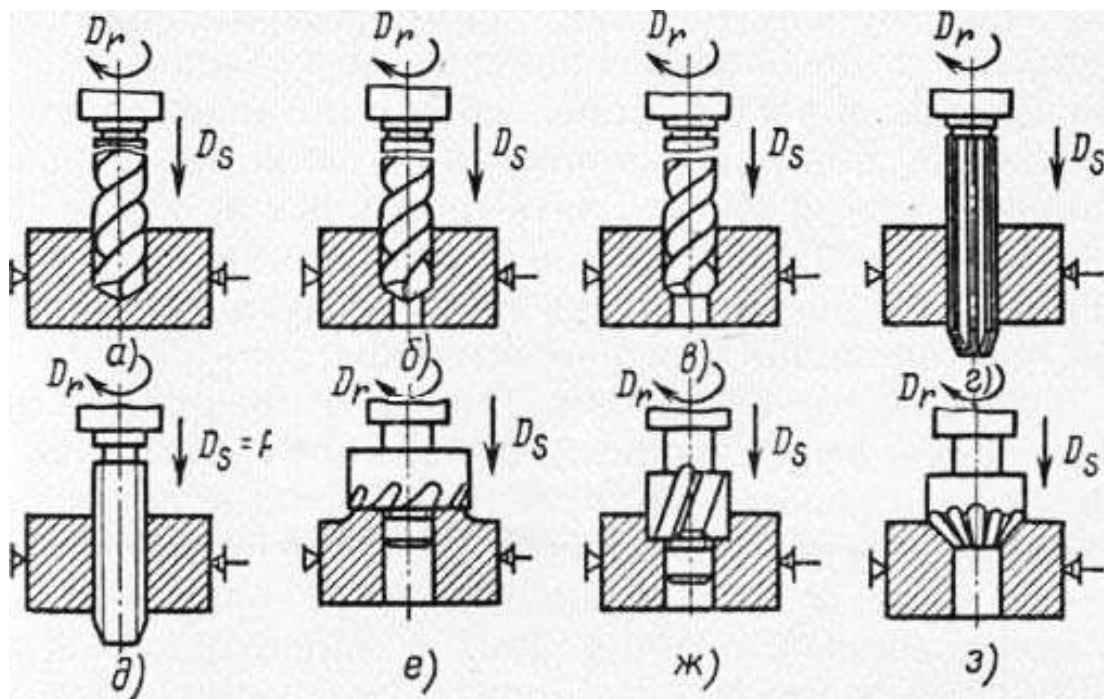


Рис. 5.5 - Роботи, які виконуються на вертикально-свердлувальному верстаті

- розвертування, тобто кінцева обробка для отримання циліндричної або конічної поверхні високого класу точності і шорсткості (г, д);
- цекування, тобто обробку торцевої поверхні торцевим зенкером для досягнення перпендикулярності плоскої торцевої поверхні отвору осі отвору (е);
- зенкування, виконується для отримання циліндричних заглиблень під гвинти в готових отворах (ж), отримання фасок (з);
- нарізання різьби мітчиком;
- обробку складних отворів за допомогою комбінованого інструмента.

#### Порядок виконання роботи.

1. Ознайомитись з інструментом для отримання та обробки отворів на свердлувальних верстатах.
2. Вивчити будову свердлувального верстату, замалювати його елементарну конструкцію.
3. Ознайомитись з видами робіт, які виконуються на свердлувальних верстатах, і замалювати схеми робіт.
4. Продемонструвати роботу на свердлильному верстаті для заданого виду робіт.

Питання для підготовки.

1. Описати геометрію та призначення спірального свердла.
2. Перерахуйте основні види робіт, які виконуються на свердлувальних верстатах.
3. Вкажіть головний рух і рух подачі при свердлінні. Як їх визначають?
4. Вкажіть особливості, призначення і інструмент для свердління, зенкерування, розверстування, зенкування і цекування.

### Практична робота 6 "Вибір кількості ступенів та способів механічної обробки поверхонь деталей"

Мета: набути навичок з визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні деталі та призначення способів їх обробки.

Теоретичний матеріали.

Розрахунки щодо визначення кількості ступенів та способів механічної обробки доцільно виконувати для поверхонь, точність яких вища 12 квалітету.

Кількість переходів, які необхідно виконати для досягнення заданої точності, розміру, взаємного розміщення поверхонь, шорсткості оброблюваних поверхонь може бути визначена за коефіцієнтом уточнення.

$$\mathcal{E} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$$

де  $T_{заг}$  – допуск розміру заготовки, мм;

$T_{дет}$  – допуск розміру деталі (згідно робочого креслення деталі), мм.

Для чорнових переходів  $\mathcal{E}$  рекомендується приймати 6...5, для напівчистових 4...3, для чистових 2...1.

Допуски розміру деталі на виконуваних переходах механічної обробки визначаються:

$$T_{дет_i} = \frac{T_{дет_{i-1}}}{\mathcal{E}_i},$$

де  $T_{дет_i}$  – допуск розміру деталі виконуваного переходу, мм;

$T_{дет_{i-1}}$  – допуск розміру деталі попереднього переходу, мм;

$\varepsilon_i$  – уточнення, що прийнятно на виконуваному переході.

Згідно розрахованих допусків встановлюється квалітет точності обробки деталі на кожному із переходів механічної обробки (див. таблицю 6.1).

Після визначення кількості переходів механічної обробки даної поверхні вибираються відповідні методи обробки, що забезпечують задані параметри точності та шорсткості деталі і послідовність їх виконання.

Рекомендується привести розрахунки для найбільш точних поверхонь деталі (6...10 квалітети), а всі решта – звести до таблиці 6.2 (див. приклад).

Таблиця 6.1 – Допуски розмірів до 10000 мм (ДСТУ 2500-94)

Номинальні розміри, мм	Квалітети									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Позначення допусків									
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
	Допуски, мкм									
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
Більше 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
» 6»10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
»10»18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
»18»30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
»30»50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
»50»80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
»80»120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
»120»180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
»180»250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
»250»315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
»315»400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
»400»500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
»500»630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	100
»630»800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125
»800»1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140
»1000»1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165
»1250»1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195
»1600»2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230
»2000»2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280
»2500»3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330
»3150»4000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410
»4000»5000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500
»5000»6300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620
»6300»8000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760
»8000»10000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940
	Кількість одиниць допуску в допуску даного квалітету									
	1*	1,4*	2*	2,7*	3,7*	5,1*	7	10	16	25

Продовження таблиця 6.1

Номинальні розміри, мм	Квалітети									
	9	10	11	12	13	14**	15**	16**	17**	18**
	Позначення допусків									
	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Допуски, мкм					Допуски, мм				
До 3	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0	1,4
Більше 3до6	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
»6»10	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
»10»18	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
»18»30	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
»30»50	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	3,9
»50»80	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	4,6
»80»120	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
»120»180	100	160	250	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3
»180»250	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
»250»315	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
»315»400	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
»400»500	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	9,7
»500»630	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0
»630»800	200	320	500	0,8	1,25	2,0	3,2	5,0	8,0	12,5
»800»1000	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9,0	14,0
»1000»1250	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
»1250»1600	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5,0	7,8	12,5	19,5
»1600»2000	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6,0	9,2	15,0	23,0
»2000»2500	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0	17,5	28,0
»2500»3150	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21,0	33,0
»3150»4000	660	1050	1650	2,6	4,1	6,6	10,5	16,5	26,0	41,0
»4000»5000	800	1300	2000	3,2	5,0	8,0	13,0	20,0	32,0	50,0
»5000»6300	980	1550	2500	4,0	6,2	9,8	15,5	25,0	40,0	62,0
»6300»8000	1200	1950	3100	4,9	7,6	12,0	19,5	31,0	49,0	76,0
»8000»10000	1500	2400	3800	6,0	9,4	15,0	24,0	38,0	60,0	94,0
	Кількість одиниць допуску в допуску даного квалітету									
	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

Примітки:

\* Кількість одиниць допуску вказано для розмірів понад 500 мм. Для розмірів до 500 мм допуски в квалітетах від 01 до 4 визначені за такими формулами:

$$IT01=0,3+0,008D_u; IT0=0,5+0,0012D_u; IT1=0,8+0,020D_u; IT2=\sqrt{IT1 \times IT3}; IT3=\sqrt{IT1 \times IT5}; IT4=\sqrt{IT3 \times IT5}; (IT - в мкм; D_u - в мм).$$

\*\* Квалітети 14-17 для розмірів менше 1 мм не передбачені.

\*\*\* Допуски по 18 квалітету приведені додатково.

Таблиця 6.2 – Розрахунок кількості переходів механічної обробки деталі, вибір методів обробки

Поверхня, розмір	$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$	Розподіл $\varepsilon$ $\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots$	Допуски розмірів деталі по переходах	Квалітет	Методи обробки поверхонь деталі

Приклад (деталь "Опора", рис. 6.1).

Так як заготовка деталі отримується литтям в оболонковій формі, в умовах серійного виробництва може бути забезпечений 14 квалітет. Більшість поверхонь даної деталі не підлягають обробці і згідно робочого креслення деталі повинні мати 14 квалітет, що й забезпечується на стадії виготовлення заготовки. Поверхні  $\varnothing 13H12$ ,  $\varnothing 20H12$  повинні бути оброблені однократно, щоб одержати 12 квалітет. Різьбові отвори М6-7H обробляються за стандартною схемою: свердління, зенкування фасок та нарізання різьби. Тому аналіз та вибір кількості переходів механічної обробки необхідно провести для найбільш точних поверхонь, в даному випадку  $\varnothing 40Js7$ .

Визначення кількості переходів необхідно вести за коефіцієнтом уточнення.

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$$

де  $T_{заг}$  – допуск заготовки, мм;  $T_{дет}$  – допуск деталі, мм.

Кількість переходів для обробки  $\varnothing 40Js7$ :

- по точності розміру

$$\varepsilon_{\varnothing 40Js7} = \frac{1,1}{0,024} = 45,8;$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 6 \cdot 4 \cdot 1,91 = 45,8 \text{ (3 переходи).}$$

Можна призначити три або чотири переходи механічної обробки. Для зменшення трудомісткості приймаємо  $n = 3$ , призначивши  $\varepsilon_1 = 6$ ;  $\varepsilon_2 = 4$ ;  $\varepsilon_3 = 1,91$ .

По переходах допуски розміру:

$$T_1 = \frac{T_{заг}}{\varepsilon_1} = \frac{1,1}{6} = 0,183 \quad (\approx IT11);$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{0,183}{4} = 0,046 \quad (\approx IT9);$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{0,046}{1,91} = 0,024 \quad (\approx IT7).$$



Порядок виконання роботи.

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Визначення допусків розмірів деталі.
3. Визначення допусків розмірів заготовки.
4. Розрахунок коефіцієнта уточнення за точністю розмірів.
5. Розподіл уточнення на переходах механічної обробки.
6. Визначення кількості переходів механічної обробки деталі за точністю розмірів.
7. Вибір способів механічної обробки поверхонь деталі згідно прийнятих переходів.
8. Визначення квалітетів точності обробки для вибраних переходів механічної обробки деталі.
9. Оформлення зведеної таблиці.
10. Висновки.

Питання для підготовки.

1. Коефіцієнт уточнення, його визначення.
2. Рекомендації по величині коефіцієнта уточнення для чорнових, напівчорнових, чистових переходів.
3. Методика визначення квалітету точності механічної обробки поверхонь деталі через коефіцієнт уточнення, що прийнятий на даному переході.
4. Методи обробки поверхонь деталі: площин, отворів, зовнішніх поверхонь обертання, зубчастих поверхонь, шпонкових пазів, шліцевих поверхонь тощо.

Практична робота 7 "Використання типових технологічних процесів під час розробки технології механічної обробки деталі"

Мета: ознайомитися з типовими технологічними процесами механічної обробки деталей та дослідження можливості їх використання при проектуванні технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.

## Теоретичний матеріали.

За геометричними параметрами та конфігурацією конструктивних елементів у практиці машинобудування визначено вісім класів, згідно яких деталі діляться за формою та подібності технологічних процесів їх механічної обробки на:

- корпусні деталі;
- круглі стержні;
- пустотілі циліндри;
- диски;
- не круглі стержні;
- невеликі деталі складної форми;
- кріпильні деталі;
- спеціальні деталі, які за формою значно відрізняються від деталей, що відносяться до перших семи класів та обробляються по спеціальній технології.

До класу «корпусні деталі» відносяться всі литі та зварені коробчастої форми, а також деталі типу станин, стоек, плит, кутників, кришок, кронштейнів, блоків, циліндрів, барабанів, багатошпиндельних автоматів і тощо.

До класу «круглі стержні» входять всі деталі типу валів, осей, штоків, штанг, труб, шпинделів, кулачкових валів, ходових гвинтів, валів-шестерен і тощо.

Клас «пустотілі циліндри» включає в себе втулки самих різноманітних конфігурацій, а також гільзи, стакани, циліндри гідро- та пневмосистем і тощо.

В клас «диски» включають всі деталі, що мають форму диска, а також шківни, маховики, фланці, корпуси муфт, кільця, зубчасті колеса (циліндричні, конічні, черв'ячні) і тощо.

До класу «не круглі стержні» відносяться стержні, поперечний перетин яких має не круглу форму (важелі всіх видів, шатуни кривошипних механізмів, балки, криві стержні) і тощо.

До класу «невеликі деталі складної форми» відносяться невеликі деталі різної складної форми (корпуси невеликих вузлів, фасонні кулачки, трійники, штуцери, кутники) тощо.

В клас «кріпильні деталі» включають такі деталі, як болти, гвинти, гайки, шпильки, штифти, шпонки, і тощо.

В клас «спеціальні деталі» необхідно віднести такі деталі складної конфігурації, як колінчасті вали двигунів внутрішнього

згорання, компресорів, пресів, лопатки парових та газових турбін, поршні двигунів внутрішнього згорання та інші складні точні деталі.

Порядок виконання роботи.

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Визначення класу, до якого відноситься задана деталь.
3. Вибір типового технологічного процесу згідно літературних джерел (додатки А-В).
4. Порівняння конструкції заданої деталі за робочим кресленням з конструкцією деталі, що приведена в типовому технологічному процесі, аналіз конструктивних форм.
5. Порівняння показників точності та шорсткості, взаємного розміщення поверхонь типової деталі та заданої.
6. Аналіз можливості використання методів обробки та структури операцій типового технологічного процесу при розробленні технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.
7. Аналіз можливості використання обладнання типового технологічного процесу для обробки заданої деталі.
8. Висновки по роботі.

Питання для підготовки.

1. На які класи поділяють деталі машинобудування за їх геометрією?
2. Що являють собою корпусні деталі, до якого класу їх відносять?
3. Що являють собою дрібні деталі, до якого класу їх відносять?
4. Що являють собою деталі у формі не круглих стрижнів? Наведіть приклади таких деталей.
5. Що являють собою деталі у формі дисків? Наведіть приклади таких деталей.
6. Що являють собою деталі у формі круглих стрижнів? Наведіть приклади таких деталей.
7. Що являють собою кріпильні деталі, до якого класу їх відносять?

## Практична робота 8 "Розрахунок режимів електроіскрової обробки деталі"

Мета: отримати навички розрахунку технологічних режимів електроіскрової обробки фасонних поверхонь деталей та проектування інструменту.

Теоретичний матеріали.

Метод електроіскрової обробки полягає в спрямованому руйнуванні металу під дією імпульсних іскрових розрядів між електродами: електроіскрова обробка металів можлива при іскровій формі електричного розряду, який відбувається в рідкому діелектричному середовищі. Іскрова форма електричного розряду характеризується високою густиною струму близько  $10^5 \dots 10^6$  А/мм<sup>2</sup>, високою температурою в іскровому каналі, яка досягає 10000 °С і більше, малою тривалістю розряду (менше  $10^{-3}$  с). При таких високих параметрах іскрового розряду вся енергія спрямованих електронів, що летять, виділяється в поверхневих шарах анода (деталі). В момент гальмування електронного пучка відбувається викид розплавленого металу оброблюваної деталі, що супроводжується звуковим ефектом, подібним до вибуху.

Принципова схема верстата для електроіскрової обробки показана на рис. 8.1. Вона складається із джерела постійного струму, регулятора опору R і змінної ємності конденсаторної батареї C, яка під'єднана паралельно електродам. Схема забезпечує одержання енергії великої потужності від малопотужних джерел струму і дозволяє легко регулювати величину імпульсу струму залежно від потрібної точності, зокрема шорсткості оброблюваної поверхні. Загальна ємність батареї конденсаторів становить близько 500 мкФ і складається із декількох груп для регулювання режиму.

Оброблювану заготовку 5 (анод) у верстатах електроіскрової обробки (рис. 8.1) закріплюють через ізолювальну прокладку на столику 1. Інструмент (катод) 3 закріплюють в шпинделі 4 верстата, який може переміщуватись у вертикальній площині. Спеціальне реле підтримує при заданій напрузі відстань між електродами і, залежно від зняття металу, автоматично переміщує шпиндель разом із закріпленим в ньому інструментом, забезпечуючи вертикальну подачу. В електричній схемі застосовують електродвигун-регулятор постійного

струму з незалежним збудженням. При великій відстані між електродами, тобто коли відсутній електричний розряд, напрям електричного струму буде таким, що якорь електродвигуна почне обертатись в напрямку, який забезпечує зближення електродів. Під час дотику електродів напрям електричного струму в якорі зміниться, внаслідок чого зміниться напрям обертання якоря і електрод почне підніматись. Таким чином в процесі електроіскрової обробки напрям струму безперервно змінюється як за величиною, так і за напрямком, і якорь електродвигуна підтримує деяку середню величину міжелектродної відстані.

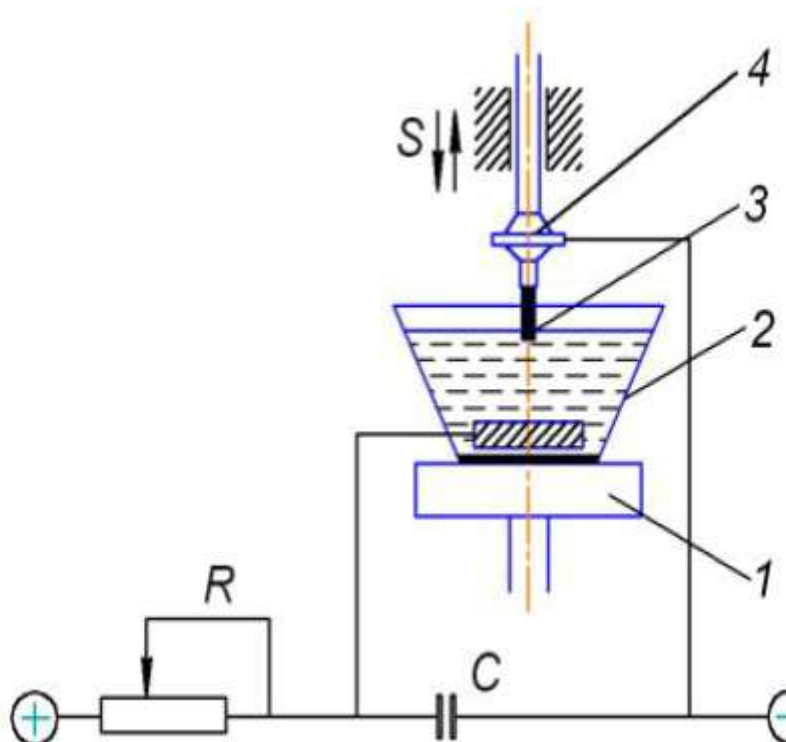


Рисунок 8.1 – Принципова схема верстата для електроіскрової обробки ЛКЗ-57

При цьому відбувається безперервний процес зарядки і розрядки конденсаторів  $C$ , що забезпечує максимальне зняття металу за одиницю часу.

Необхідність застосування регуляторів пояснюється тим, що процес руйнування металу починається з іскрового розряду на ділянці, де виникає найменша відстань між електродами. Після руйнування цієї ділянки розряд надходить на сусідню ділянку і т. д. Так послідовно відбувається зняття металу з поверхні анода (оброблюваної поверхні) доти, доки напруга виявиться недостатньою для виникнення розрядів, тоді процес автоматично закінчується. Для його відновлення за

допомогою вищезгаданого електродвигуна-регулятора відбувається зближення електродів.

Заготовку і інструмент розміщують у ванні 2 (див. рис. 8.1) з діелектричною рідиною (гасом, мінеральним маслом). Рідина при електроіскровій обробці необхідна для захисту інструмента від налипання на нього частин металу і різкої зміни потужності іскрових розрядів на бокових стінках оброблюваного отвору. Точність і шорсткість обробленої поверхні залежить від потужності імпульсних розрядів і їх тривалості в часі. Чим менша енергія імпульсів і більша частота розрядів, тим менш шорсткою буде поверхня.

Електрод-інструмент виготовляють із латуні або міднографітової суміші. Сучасні електроіскрові верстати дозволяють обробляти досить малі розміри отворів (приблизно 0,15 мм) з точністю до 0,01 мм. Перевага цього методу порівняно з обробкою різанням полягає в можливості обробки дуже твердих і міцних струмопровідних (включно й загартованих) сплавів, які не піддаються обробці іншими методами. При цьому способі обробки значно знижується силовий вплив на заготовку. До недоліків електроіскрової обробки відносять порівняно невисоку продуктивність праці і недостатньо високу точність обробки.

#### Порядок виконання роботи.

Електроіскрова обробка в лабораторії складається з прошивки отворів в сталевій загартованій пластині. Продуктивність обробки залежно від режиму навантаження буде визначатися тривалістю (у хвиликах) прошивки одного отвору. Експеримент відбувається в такій послідовності:

1. Закріплюється в електродотримачі електрод-інструмент 3 (див. рис. 8.1) при вимкненому загальному вимикачеві.
2. Встановлюється і закріплюється за допомогою прихватів на столі 1 оброблювана деталь.
3. Переводиться загальний вимикач в положення ВКЛ.
4. Опускають правий вимикач в нижнє положення ПОДАЧА.

При цьому електродвигун-регулятор почне переміщувати електрод-інструмент до деталі. Не відпускаючи руки від вимикача, слідкують за відстанню між електродами і, коли вона буде не меншою 4...5 мм, переводять вимикач в нейтральне положення, вимикаючи

електродвигун. Після чого загальний вимикач переводять в положення ВИКЛ.

5. Обертаючи ручку супорта, встановлюють електрод-інструмент над місцем прошивки отвору оброблюваної деталі.

6. Піднімають ванну 2 (за обидві ручки) на таку висоту, щоб оброблювана деталь була занурена в рідину на глибину не менше 20 мм від її поверхні.

7. Обертаючи ручку РЕЖИМ ОБРОБКИ, встановлюють перший режим згідно з програмою досліджень.

8. Переводять загальний вимикач у положення УВІМКНЕНО, а правий вимикач – в нижнє положення ПОДАЧА. При цьому електродвигун-регулятор переміщує електрод і через деякий час з'являється електричний розряд, потім другий, третій та починається електроіскрова обробка. Стабільність роботи верстата характеризується рівномірними електричними розрядами, які сприймаються на слух.

9. Переводячи тумблер в нижнє і верхнє положення обертами ручки потенціометра НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРА в той чи інший бік, регулюють стабільність роботи верстата.

10. Після закінчення прошивання, коли закінчиться звуковий ефект, переводять правий вимикач в положення ВІДВЕДЕННЯ, а потім в нейтральне положення. Переводять загальний вимикач в положення ВИМКНЕНО.

11. Прошивку потрібно виконати на різних режимах, повторюючи пункти 3...6 та 8...10. При цьому необхідно заміряти час прошивання за секундоміром.

12. Потім потрібно провести обчислення впливу параметрів імпульсного електричного розряду на точність, шорсткість поверхні та продуктивність. Для цього треба:

- провести вимірювання діаметра електрода-інструмента та діаметра прошитих отворів з точністю до 0,01 мм;
- вирахувати об'єм видаленого за хвилину металу для кожного отвору;
- визначити шорсткість поверхні кожного отвору за еталонами шорсткості або на мікроскопі МІС-11;
- навести дані замірів в графічному вигляді.

Питання для підготовки.

1. Фізична суть електроерозійної обробки.

2. З яких матеріалів виготовляються електрод-інструмент?
3. Яка рідина використовується в процесі електроіскрової обробки?
4. Що впливає на точність та розміри оброблених поверхонь?
5. Назвіть основні операції електроіскрової обробки.

### 3 Вимоги до оформлення звіту з виконання робіт

Звіт до кожної роботи лабораторного практикуму слід оформлювати в електронному варіанті або на окремих аркушах білого паперу формату А4 (за згодою викладача). Текст звіту має бути машинописним, підготовлений з дотриманням загальних вимог до оформлення електронних текстових документів згідно ДСТУ 3008:2015, ДСТУ ISO 7573:2018.

Звіт має включати такі обов'язкові розділи: титульний аркуш з даними здобувача освіти, мету роботи та задачі досліджень, короткі теоретичні положення, матеріал та обладнання для досліджень, результати досліджень та їх аналіз (фото дослідів, обладнання, виробів, рисунки, таблиці результатів, графіки тощо), висновки.

Усі рисунки та таблиці у звіті повинні бути оформленими згідно зі стандартами. Текст звіту повинен бути написаний розбірливою мовою, стисло та технічно грамотно.

Під час редагування файлу та додавання власного матеріалу слідкуйте за культурою подання інформації: дотримуйтесь академічної доброчесності; інформацію подавайте стисло, без зайвого; залишайте (або позначайте) номер та зміст завдань, на які даєте відповіді; дотримуйтесь початкової структурованості роботи. Особливо це стосується студентів, які працюють у дистанційному форматі та виконують дослідження віртуально, користуючись засобами відеозв'язку та відеоресурсами. Бали за кожне завдання виставляються у відповідності до ступеня наповненості інформації у звіті.

Файл звіту можна надіслати в електронній формі на адресу викладача, або додати у систему *moodl* (Електронний освітній портал ЛНТУ) за профілем здобувача освіти на курсі. У звіті необхідно вказати ваше прізвище та ім'я, а також номер вашої групи на титульному аркуші практичної роботи. Файл звіту бажано зберегти у форматі \*.pdf з назвою, в якій вказати прізвище, ініціали та академічну групу.

#### 4 Рекомендована література та ресурси

1. Пахаренко В. Л. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство : навч. посіб. / В. Л. Пахаренко, М. М. Марчук, О. В. Пахаренко. – 2-е вид., перероб. і доповн. – Рівне : НУВГП, 2018. – 252 с.

2. Говорун Т. П. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях) : навч. посіб. / Т. П. Говорун, О. П. Гапонова, С. В. Марченко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 163 с. ISBN 978-966-657-806-1

3. Технології та устаткування машинобудівних виробництв. Виробництво заготовок: навчю посіб. для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Укладачі: Комар Р.В., Паньків М.Р., Сенчишин В.С. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 152 с.

4. Матеріалознавство: підручник для вищих навчальних закладів III-IV ступенів акредитації / Є.Г.Афтанділянц, О.В.Зазимко, К.Г.Лопатько. – К.: "Гельветіка", 2020. – 612 с.

5. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів: Світ, 2016. – 624 с.

6. Прикладне матеріалознавство: підручник для вищих навчальних закладів III-IV ступенів акредитації / Авт. колектив: Сушко О.В., Посвятенко Е.К., Кюрчев С.В., Лодяков С.І. - Мелітополь: ТПЦ «Forward press», 2019. – 352 с.

7. Михайлов В. М. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. Лабораторний практикум: навч. Посібник / Михайлов В. М., Лебединець І. В. – Х: ХДУХТ, 2017. – 196 с.

8. Кюрчев С.В., Колодій О. С., Сушко О. В., Ковальов О. О., Верхоланцева В. О. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів розділ “Обробка матеріалів різанням”. Посібник-практикум для виконання лабораторних робіт. – ТОВ “Видавничий будинок ММД”, 2021. – 112с.

9. Металознавство: навчальний посібник / І. В. Прокопович. – Одеса: Екологія, 2020. – 308 с.

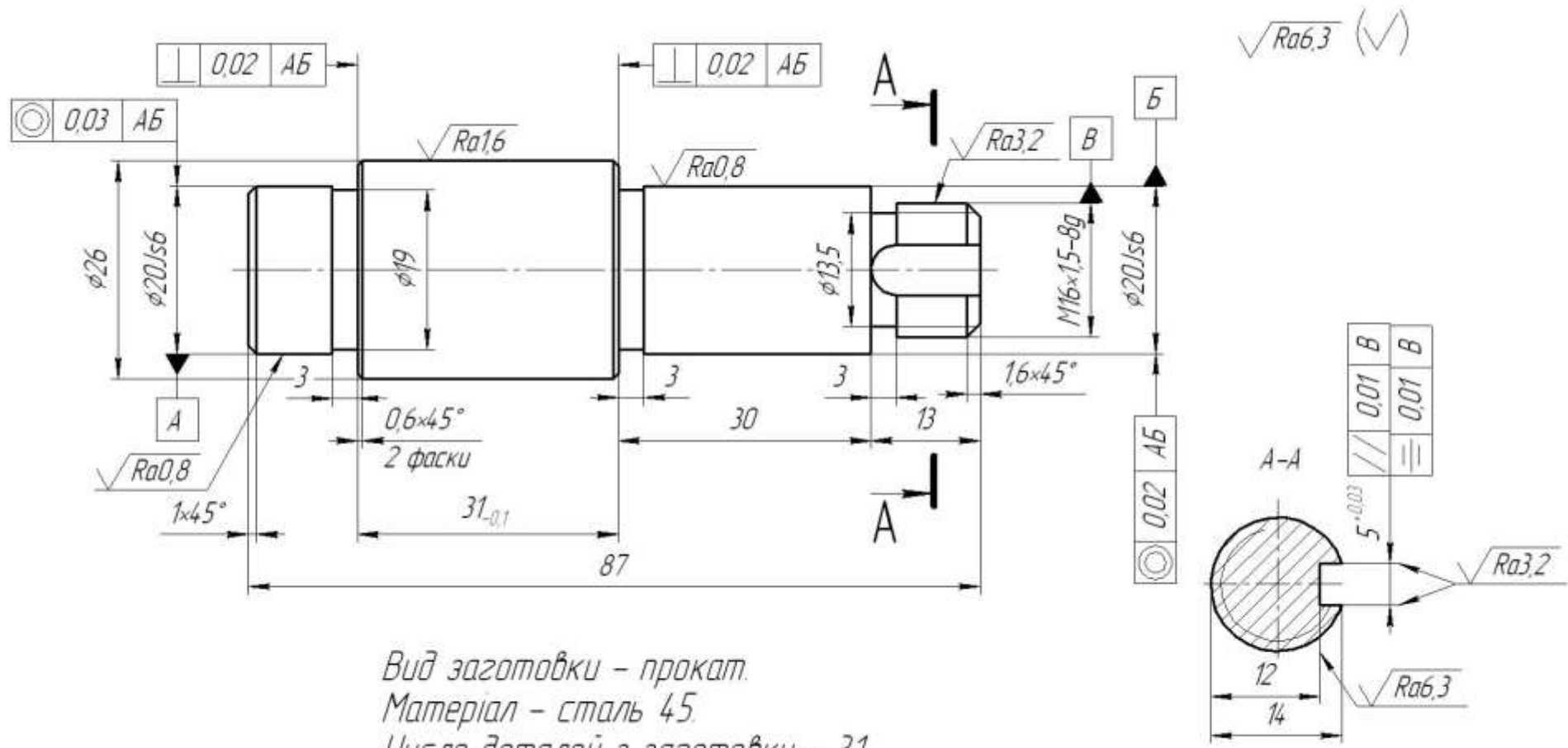
10. Електронний ресурс: <http://Industry.com>.

11. Електронний ресурс: <https://www.astm.org/COMMITTEE/F42.htm>.



Таблиця А1 - Маршрут механічної обробки деталі «Втулка»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Правити пруток	Прес И5526	
010	Відрізати групову заготовку Ø34 в розмір 2000	Абразивно-відрізний 8Б242	Спеціальний пристрій
015	Торцювати кінці прутка фасками під кутом 20°	Токарний ХС-151	
020	Центрувати торець під свердління, свердлити і зенкувати отвір Ø16Н7 до Ø15,79 <sup>+0,11</sup> під розвертання, точити поверхню Ø28е8 до Ø28,4 <sup>-0,13</sup> під шліфування, проточити канавки b = 3 і b = 4,7Н12, фаску остаточно. Відрізати деталь в розмір 40,5	Токарний автомат 1Е140	Патрон цанговий
025	Промити деталь	Машина для миття	
030	Повісити бірку з номером деталі на тару	Шпонково-фрезерний 6930	Верстатні лещата
035	Підрізати другий торець до розміру 40, точити і розточити фаски. Розвернути отвір Ø16Н7 <sup>(+0,018)</sup> остаточно	Токарно-револьверний 1П340ПЦ	Патрон цанговий Вкладиш Ø28
040	Шліфувати поверхню Ø28е8 $\left(\begin{smallmatrix} -0,040 \\ -0,073 \end{smallmatrix}\right)$ з підшліфовкою торця остаточно	Круглошліфувальний 3М153Е	Оправка, центри, хомутик, прилад активного контролю
045	Промити деталь	Машина для миття	
050	Технічний контроль	Плита за ГОСТ 10905-75	
055	Нанесення покриття		



Вид заготовки – прокат.  
 Матеріал – сталь 45.  
 Число деталей з заготовки – 31.  
 Невказані граничні відхилення розмірів валів h14, отворів H14, інші  $\pm \frac{IT14}{2}$

Рисунок А2. Вал

Таблиця А2 - Маршрут механічної обробки деталі «Вал»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристакування
005	Рубати пруток Ø28, витримуючи розмір 3000	Прес КБ 934	
010	Правити пруток(у міру потреби)	Прес И5526	
015	Торцювати кінці прутка фасками під кутом 20°	Токарний ХС-151	
020	Підрізати і центрувати торець, точити шийку під різьбу М16×1,5–8g, шийку Ø20Js $\left(\begin{smallmatrix} +0,0065 \\ -0,0065 \end{smallmatrix}\right)$ , ід шліфування, Ø26, Ø20Js $\left(\begin{smallmatrix} +0,0065 \\ -0,0065 \end{smallmatrix}\right)$ , під шліфування, проточити 3 канавки b=3, точити фаски, відрізати деталь, витримуючи розмір 88	Токарний автомат 1Б240–6К	Наладка, цанговий патрон
025	Підрізати другий торець, витримуючи розмір 12,8 $_{-0,1}$ , центрувати торець і точити фаску	Токарний 16Т02П	Цанговий патрон
030	Фрезерувати шпоночний паз b=5, витримуючи розмір 14 остаточно	Шпоночно–фрезерний 6930	Лещата
035	Зачистити заусенці	Вібраційна машина ВМПВ–100	
040	Накатати різьби М16×1,5–8g	Різьбонакатний А9518	Ніж
045	Шліфувати шийку Ø20Js6 $\left(\begin{smallmatrix} +0,0065 \\ -0,0065 \end{smallmatrix}\right)$ з підшліфовкою торця Ø26/Ø20Js6, витримуючи розмір 30 остаточно	Круглошліфувальний 3У10В	Центри, хомутик
050	Шліфувати шийку Ø20Js6 $\left(\begin{smallmatrix} +0,0065 \\ -0,0065 \end{smallmatrix}\right)$ з підшліфовкою торця Ø26/Ø20Js6, витримуючи розмір 13	Круглошліфувальний 3У10В	Центри, хомутик
055	Промити деталь	Машина для миття	
060	Повісити бірку з номером деталі на тару		
065	Технічний контроль	Плита по ГОСТ 10905–86	
070	Нанесення антикорозійного покриття		



Таблиця А3 - Маршрут механічної обробки деталі типу «Шліцевий вал»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
1	2	3	4
005	Відрізати заготовку	Фрезерно-відрізний	Призматичні тиски
010	Термічна обробка		
015	Фрезерувати торці в розмір $519 \pm 0,2$ і центрувати з двох сторін одночасно	Фрезерно-центруючий 2Г942	Пристосування при верстаті
020	Точити: шийки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 85$ ; $\varnothing 90h7$ до $\varnothing 95$ і фаски	Токарний 16К20Ф3	Обертальний центр, повідковий патрон
025	Точити: шийки $\varnothing 85k6$ до $\varnothing 90$ , $\varnothing 90h7$ до $\varnothing 95$ і фаски Точити: шийки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 80$ ; $\varnothing 105f7$ до $\varnothing 105,5h4$ , фаски, $\varnothing 90h6$ до $\varnothing 90,5h4$ , проточити дві канавки $B=5$	Токарний 16К20Ф3	Те саме
030	Точити шийки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 85,5h4$ ; $\varnothing 90h6$ до $\varnothing 90,5h14$ , фаски, канавки $B=5$	Токарний 16К20Ф3	Те саме
035	Фрезерувати шпонковий паз 6	Шпоночно-фрезерний 6930	Самоцентруючі тиски
040	Обробити два різьбових отвори М10 на глибину 10	Радіально-свердлильний 2А554	Пристосування для свердління на торцях валів
045	Фрезерувати шість шліців в розмір 20js, до $\varnothing 87,8$	Шліцефрезерний горизонтальний напівавтомат 5А352ПФ2	Центри, поводок
050	Фрезерувати шість шліців в розмір 20js, до $\varnothing 67,8$	Те саме	Те саме
055	Зачистити заусенці	Механізований верстат	
060	Шліфувати шийки $\varnothing 80g6$ , $\varnothing 90h7$ , $\varnothing 105f7$ ; торець Д	Круглошліфувальний 3М53ДФ2	Центри, поводок
065	Шліфувати шийки $\varnothing 85k6$ і $\varnothing 90h7$	Те саме	Те саме

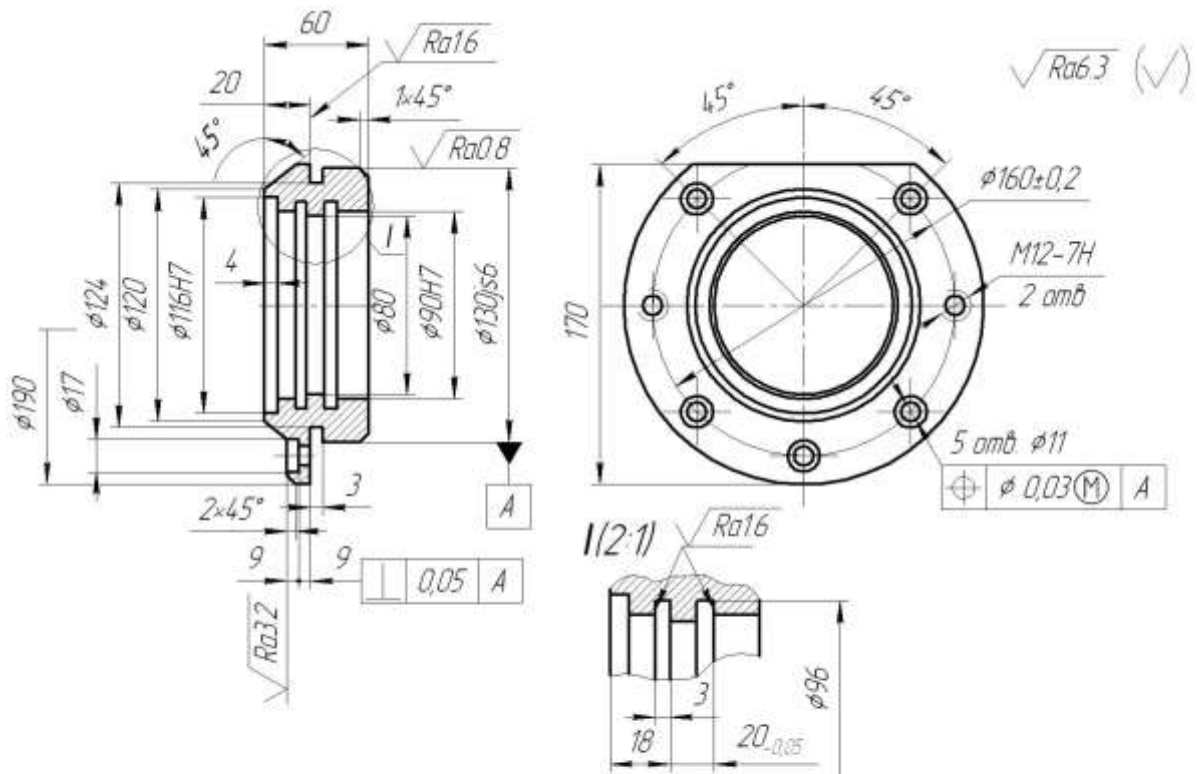
Продовженн таблиці А3

1	2	3	4
070	Промити деталь	Машина для миття	
075	Технічний контроль		
080	Нанесення антикорозійного покриття		



Таблиця Б1 - Маршрут механічної обробки деталі «Фланець»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Лиття		
010	Обробка і очищення виливка		
015	Малярна		
020	Підрізати торець $\varnothing 62js7/\varnothing 54$ остаточно і $\varnothing 96/\varnothing 62js7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62js7$ під шліфування, точити канавку $B=3$ і фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий пневматичний патрон
025	Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий патрон
030	Свердлити та зенкувати 4 отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$ , фрезерувати 2 лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105Н7Ф4	Наладка УСП
035	Притупити гострі кромки	Верстат механізований	Трьохкулачковий патрон
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62js7$ та шліфувати торець $\varnothing 96js7$ остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	
045	Помити деталь		
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		



Невказані граничні відхилення розмірів: валів  $h14$ , отворів  $H14$ , інші  $\pm \frac{IT14}{2}$

Вид заготовки - виливок.

Матеріал - чавун СЧ20.

Число деталей з заготовки - 1

Рисунок Б2. Стакан

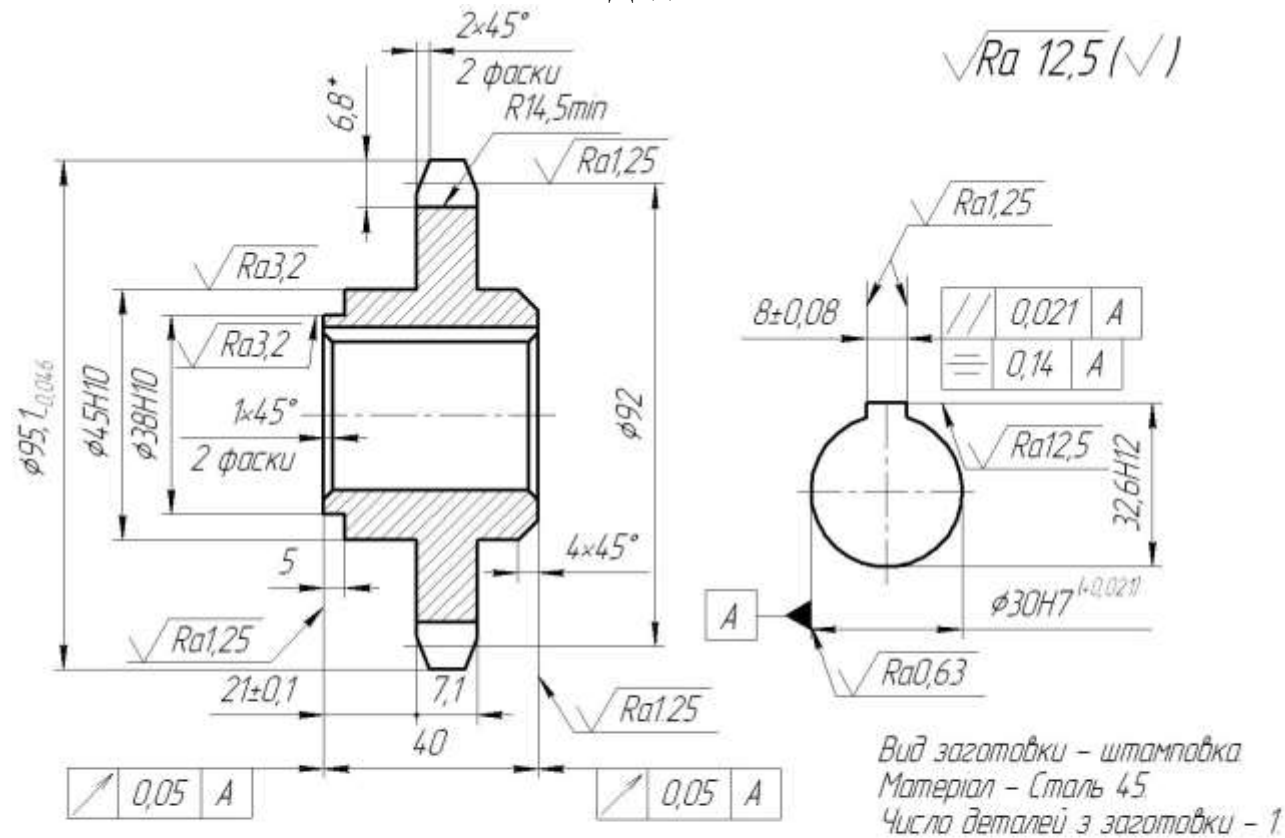
Таблиця Б2 - Маршрут механічної обробки деталі «Стакан»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка і очищення виливка		
015	Підрізати торці Ø130Js6/Ø90H7, торця Ø190(правий торець), точити поверхню Ø130Js6, точити канавку, розточити отвори Ø80 і Ø90H7, з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø80	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
020	Підрізати торці Ø190(лівий торець), торець Ø144, розточити отвір Ø116H7, обточити поверхні Ø190 і конічну поверхню Ø144×45°	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
025	Термічна обробка		
030	Підрізати торець Ø130Js6/Ø90H7 остаточно, точити поверхню Ø130Js6 з підрізанням торця Ø190(правий торець) під шліфування, фаски, канавку остаточно. Розточити отвір Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø80 і отвір Ø80, канавки 3×Ø96 остаточно, притупити гострі кромки	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон

Продовження таблиці Б2

1	2	3	4
035	Підрізати торці Ø144/Ø116H7, точити поверхню Ø190, конусну поверхню Ø144×45° остаточно. Розточити отвори Ø90H7, з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø80 під тонке розточування виточки Ø116H7 і двох канвок 3×Ø96	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
040	Свердлити 5 отворів Ø11, два отвори Ø10,2 під різьбу М12 – 7Н, зенкувати 5 отворів Ø11/Ø17, фаски 2×60°, нарізати різьбу М12. Фрезерувати лиски у розмір 120	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердлильний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
050	Розточити два отвори Ø90H7	Алмазно – розточний (спеціальний)	Установочне пристосування
055	Шліфувати Ø130Js6 з підшліфуванням торця Ø190(правий торець)	Круглошліфувальний напівавтомат 3У131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь	Машина для миття	
065	Технічний контроль		
070	Нанесення антикорозійного покриття		

Додаток В



Зубці обробити ТВЧ на глибину 1..3(мм) до твердості 45...50 HRC.

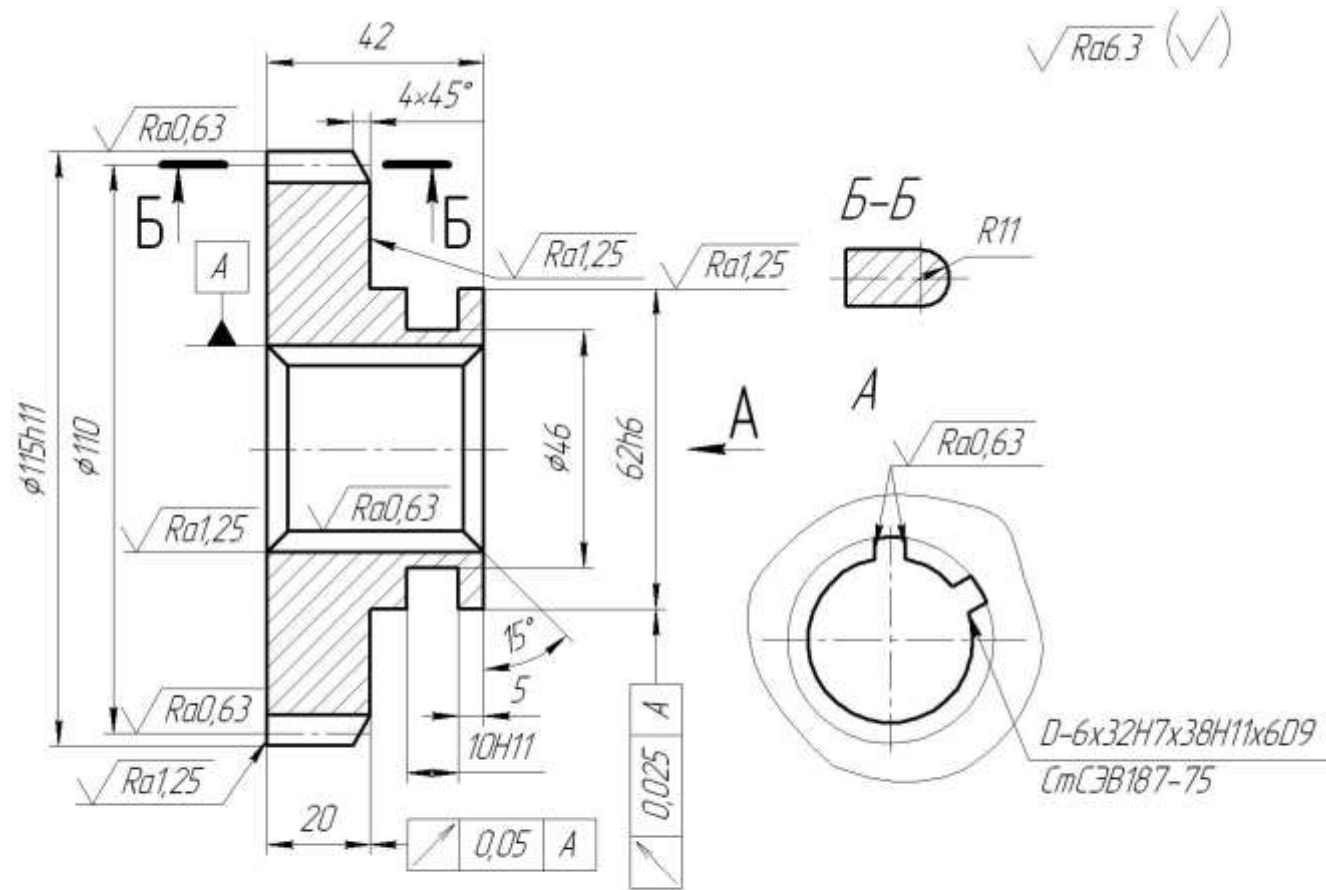
Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші  $\pm \frac{IT14}{2}$

Клас точності - 2, крок спряженого ланцюга - 12,7, діаметр ролика - 8,51.

Рисунок В1. Зірочка

Таблиця В1 - Маршрут механічної обробки деталі «Зірочки»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Відрізати заготовку	Абразивно-відрізний 8Б262	Лещата
010	Кування		
015	Термічна обробка		
020	Підрізати торці $\varnothing 95,1/\varnothing 45$ і $\varnothing 45/\varnothing 30H7$ попередньо, обточити зовнішню поверхню $\varnothing 95,1_{-0,46}$ і $\varnothing 45$ попередньо. Розточити і обточити фаски.	Токарний напівавтомат з ЧПК КТ141	Трикулачковий патрон
025	Підрізати торці $\varnothing 38/\varnothing 30H7$ і $\varnothing 95,1/\varnothing 45$ попередньо. Обточити зовнішні поверхні $\varnothing 38$ і $\varnothing 45$ попередньо. Розточити і обточити фаски.	Токарний напівавтомат з ЧПК КТ141	Трикулачковий патрон
030	Протягнути отвір $\varnothing 30H7$	Горизонтально-протяжний 7512	Жорстка опора
035	Протягнути паз В=8Н9 остаточно	Горизонтально-протяжний 7512	Напрямна втулка
040	Підрізати торці $\varnothing 38/\varnothing 30H7$ і $\varnothing 95,1/\varnothing 45$ остаточно. Обточити зовнішні поверхні $\varnothing 38$ і $\varnothing 45$ , $\varnothing 95,1_{-0,46}$ і R=14,5 остаточно. Розточити і обточити фаски.	Токарний з ЧПК 16Б16Ф3	Спеціальна оправка
045	Технічний контроль		
050	Фрезерувати 22 зуба (m=12,7) остаточно.	Зубофрезерний 53А20В	Пристосування
055	Зачистити заусенці	Вібробункер	
060	Помити деталь	Миюча машина	
065	Технічний контроль		
070	Термічна обробка	Установка в ТВЧ	
075	Шліфувати отвір $\varnothing 30H7$ остаточно	Внутрішньо-шліфувальний 3А227АФ2	Індуктор Трикулачковий патрон
080	Промити деталь	Миюча машина	
085	Технічний контроль		
090	Нанести антикорозійне покриття		



Вид заготовки - штамповка.

Матеріал - сталь 25ХГТ.

Число деталей з заготовки - 1

Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші  $\pm \frac{IT14}{2}$

Рисунок В2. Зубчасте колесо з шліцьовим отвором.

Таблиця В2 - Маршрут механічної обробки деталі «Зубчасте колесо з шліцьовим отвором»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Відрізати заготовку	Абразивно-відрізний	Лещата
010	Кувальна		
015	Термічна обробка(відпал)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
020	Підрізати торці $\varnothing 115h11/\varnothing 62h6$ і $\varnothing 62h6/\varnothing 32H7$ попередньо. Точити зовнішню поверхню $\varnothing 62h6$ з підрізанням торця попередньо. Обробити отвір під $\varnothing 32H7$ до $\varnothing 30$ . Обточити і розточити фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
025	Підрізати торець $\varnothing 115h11/\varnothing 32H7$ попередньо. Точити зовнішню поверхню $\varnothing 115h11$ попередньо. Обточити і розточити фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
030	Протягнути восьми шліцьовий отвір $\varnothing 32H7 \times \varnothing 38H11 \times 6D9$ під шліфування	Протяжний 7512	Жорстка опора
035	Підрізати торець $\varnothing 115h11/\varnothing 62h6$ остаточно, торці $\varnothing 62h6/\varnothing 32H7$ і $\varnothing 115h11/\varnothing 32H7$ під шліфування. Точити зовнішню поверхню $\varnothing 62h6$ з підрізанням торця остаточно і поверхню $\varnothing 115h11$ під шліфування. Проточити паз $B = 10H1$ . Точити фаски.	Токарний з ЧПК КТ141	Спеціальна оправка
040	Технічний контроль		
045	Фрезерувати 44 зуба ( $m = 2,5$ ) під шліфування (по две деталі)	Зубофрезерний 53A20B	Пристосування

## Продовження таблиці В2

1	2	3	4
050	Закруглити 44 зуба ( $m = 2,5$ ) остаточно	Зубозакругляючий напівавтомат 5E580	Пристосування
055	Зачистити заусенці на торцях зубців	Одношпindelний напівавтомат для зняття фасок 5B525	Трикулачковий патрон
060	Калібрувати восьмишліцьовий отвір	Прес ЛС6–НА	Підставка
065	Термічна обробка		
070	Шліфувати зовнішню поверхню $\varnothing 115h11$ і торець $\varnothing 115h11/\varnothing 32H7$ остаточно	Круглошліфувальний 3T161Д	Грибкова оправка
075	Шліфувати отвір $\varnothing 32H7$ і торець $\varnothing 62h6/\varnothing 32H7$ остаточно	Внутрішньошліфувальний 3A227АФ2	Пристосування
080	Шліфувати $\varnothing 62h6$ і торець остаточно	Круглошліфувальний 3T161Д	Грибкова оправка
085	Шліфувати бокові сторони шліців остаточно	Спеціальний	Трикулачковий патрон
090	Шліфувати 44 зуба ( $m = 2,5$ ) остаточно	Зубошліфувальний 5B833	Оправка
095	Промити деталь	Машина для миття	
100	Технічний контроль		
105	Нанесення антикорозійного покриття		

**T38 Технології матеріалів** : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійних програм спеціальності G8 Матеріалознавство галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво денної та заочної форм навчання / уклад. Д.А. Гусачук, С.В. Мисковець. – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 80 с.

Комп'ютерний набір  
Редактор

Д.А. Гусачук  
Д.А. Гусачук

Підп. до друку \_\_\_\_\_ 2025 р.  
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс. Ум. друк.  
арк. \_\_\_\_ Тираж \_\_\_\_ прим. Зам. \_\_\_\_\_

Луцький національний технічний університет  
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75

