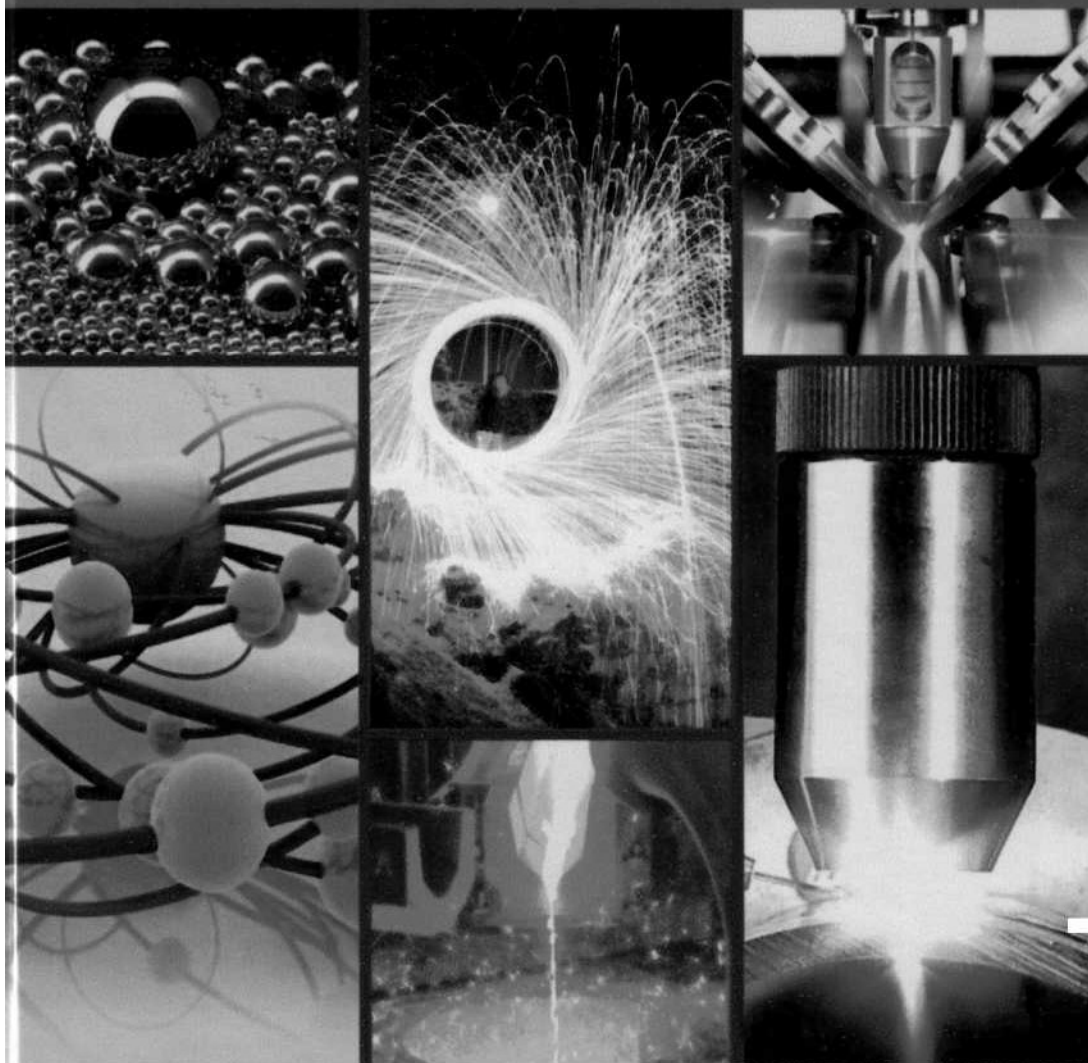


Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет

Конструкційні матеріали і технології

Руслан БУДЯК Едуард ПОСВЯТЕНКО Людмила ШВЕЦЬ Галина ЖУЧЕНКО



ВІННИЦЯ 2020





МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕХНОЛОГІЧНО-ПРОМИСЛОВИЙ КОЛЕДЖ
ВІННИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

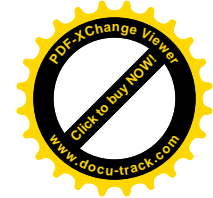
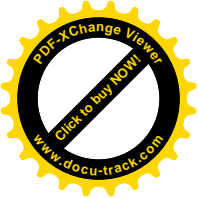


Будяк Р.В., Посвятенко Е.К., Швець Л.В., Жученко Г.А.

КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ

Навчальний посібник

Вінниця – 2020



УДК 621.7(075.8)
К64

Рекомендовано Вченою радою Вінницького національного аграрного університету, як навчальний посібник для студентів освітньому рівню фаховий молодший бакалавр галузі знань 13 Механічна інженерія, (протокол № 13 від 26 червня 2020 р.)

Рецензенти:

Антонюк Віктор Степанович - доктор технічних наук, професор, професор кафедри приладобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»;

Сушко Ольга Вікторівна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології конструкційних матеріалів Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Головченко Олексій Михайлович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті Вінницького національного технічного університету.

Конструкційні матеріали і технології : навчальний посібник / К64
Будяк Р. В., Посвятенко Е. К., Швець Л. В., Жученко Г. А. - Вінниця : ФОП Т.
П. Барановська, 2020. - 240 с.
І8ЕМ 978-617-7233-57-1

Зміст видання відповідає освітньому рівню фаховий молодший бакалавр галузі знань 13 Механічна інженерія.

Навчальний посібник складена у відповідності з діючою програмою для вивчення дисципліни «Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» (Експлуатація та ремонт обладнання харчового виробництва) для студентів фахових передвищих закладів освіти, затвердженої Державною установою «Науково-методичний центр інформаційно-аналітичного забезпечення діяльності вищих навчальних закладів «Агроосвіта»» у 2019 році.

УДК 621.7 (075.8)

І8І^ 978-617-7233-57-1

© ТПК ВНАУ, 2020 © Р. Будяк, Е. Посвятенко, Л.
Швець, Г. Жученко, 2020



Зміст

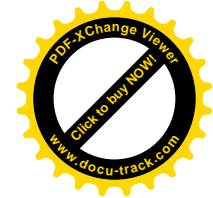
Передмова	5
Частина I. БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ	7
<i>Лабораторна робота № 1.</i> Мікроскопічний метод дослідження структури металів та сплавів.....	7
<i>Лабораторна робота № 2.</i> Визначення твердості металів.....	17
<i>Лабораторна робота № 3.</i> Дослідження мікроструктури і твердості вуглецевих сталей.....	25
<i>Лабораторна робота № 4.</i> Вивчення мікроструктури та властивостей чавунів.....	33
<i>Лабораторна робота № 5.</i> Вплив швидкості охолодження на структуру і властивості вуглецевих сталей.....	40
<i>Лабораторна робота № 6.</i> Відпускання загартованої вуглецевої сталі.....	50
<i>Лабораторна робота № 7.</i> Класифікація, маркування легованих сталей і спеціальних сплавів.....	53
Частина II. ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА	59
<i>Лабораторна робота № 8.</i> Випробування властивостей формувальних і стержневих сумішей.....	59
<i>Лабораторна робота № 9.</i> Конструювання модельного комплексу для виливків у разові піщано-глиняні форми.....	69
<i>Лабораторна робота № 10.</i> Отримання виливка у разову піщано-глиняну форму.....	80
<i>Лабораторна робота № 11.</i> Спеціальні види лиття	85
Частина III. ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ	92
<i>Лабораторна робота № 12.</i> Визначення впливу пластичної деформації на структуру і властивості металів.....	92
<i>Лабораторна робота № 13.</i> Обробка матеріалів тиском	96
<i>Лабораторна робота № 14.</i> Розборка технологічного процесу виготовлення заготовок і деталей тиском.....	100
Частина IV. ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ	117
<i>Лабораторна робота № 15.</i> Розрахунок режимів ручного електродугового зварювання.....	117
<i>Лабораторна робота № 16.</i> Дослідження вольт-амперних характеристик зварювальної дуги.....	128



<i>Лабораторна робота № 17. Розрахунок режимів газового зварювання.....</i>	134
Частина V. ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ.....	149
<i>Лабораторна робота №18. Вивчення конструкції токарно–гвинторізного верстату.....</i>	149
<i>Лабораторна робота №19. Вивчення конструкції та геометрії багатолезових різальних інструментів.....</i>	156
<i>Лабораторна робота №20. Вивчення геометричних параметрів токарного різця.....</i>	165
<i>Лабораторна робота №21. Робота з ділильною головкою і настроювання універсально–фрезерного верстату на нарізання зубчастого колеса з гвинтовим зубом.....</i>	173
<i>Лабораторна робота №22. Дослідження впливу елементів режиму різання на шорсткість обробленої поверхні при точінні.....</i>	180
<i>Лабораторна робота №23. Визначення усадки стружки.....</i>	188
<i>Лабораторна робота №24. Дослідження впливу елементів режиму різання на силу різання при точінні.....</i>	193
<i>Лабораторна робота №25. Дослідження впливу елементів режиму різання на температуру різання.....</i>	200
<i>Лабораторна робота №26. Заточування і доводка різальних інструментів.....</i>	206
Додатки.....	222
Додаток А.....	222
Додаток Б.....	231
Додаток В.....	233
Додаток Г.....	235
Додаток Д.....	237
Список рекомендованої літератури.....	239



ПЕРЕДМОВА



Дисципліна «Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів» розглядає увесь комплекс питань щодо широкої номенклатури металів і сплавів, на яких базується побудова сучасного виробництва з використанням передових технологій, знання яких є необхідними в подальшій професійній діяльності майбутнього техника з експлуатації та ремонту устаткування харчової промисловості.

В розрізі вивчення дисципліни студенти повинні отримати фундаментальні, деталізовані знання про конструкційні матеріали, їх властивості, маркування та методи формоутворення деталей. Вивчити фізичні властивості матеріалів при дії на них різних факторів в умовах виробництва та експлуатації, а також способи підвищення якості матеріалів, які дають високу ступінь надійності та довговічності деталям машин, інструментам та іншим засобам.

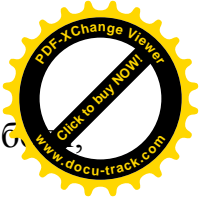
Для закріплення теоретичного матеріалу і набуття практичних навичок програмою передбачаються лабораторні роботи, що є необхідною ланкою в якісному опануванні даної навчальної дисципліни.

Основна мета навчального посібника полягає в тому, щоб закріпити теоретичні знання студентів, надати їм навички та практичні уміння дослідницької роботи, навчити виконувати вимірювально-налагоджувальні випробування над конструкційними матеріалами, а також оцінювати результати досліджень.

Опис лабораторних робіт складено відповідно до плану: тема, мета, основні положення і зміст роботи, порядок виконання роботи, контрольні запитання.

Запропонований навчальний матеріал призначений для надання методичної допомоги викладачам при підготовці, організації та проведенні лабораторних занять в закладах фахової передвищої освіти та для надання практичної допомоги студентам при виконанні цих робіт.

Впродовж виконання роботи викладач надає студентам методичну допомогу, звертає увагу на аспекти, які формують практичні навички, забезпечує досягнення поставленої навчальної мети, дбає про технічний розвиток

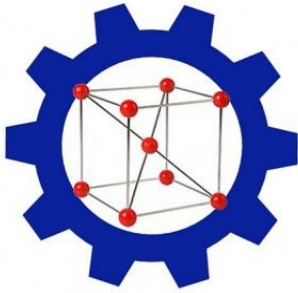


студентів, розширення кругозору, відповідального ставлення до роботи, контролює самостійне виконання завдання і оформлення звіту.

Залік виконаної роботи приймається при наявності повністю оформленого звіту і позитивних відповідей на контрольні запитання, які підтверджують засвоєння методики розрахунку.

Рекомендації студенту.

1. Необхідно заздалегідь підготуватися до виконання роботи, вивчивши відповідний матеріал. При цьому потрібно засвоїти призначення і особливості процесу, який вивчається; мету роботи; фізичну суть величин, що визначаються, їх вплив на процес, методику виконання роботи.
2. Перед початком роботи викладач опитує кожного студента з метою виявлення рівня теоретичної підготовки.
3. Під час роботи в лабораторії необхідно дотримуватись правил техніки безпеки.
4. Після закінчення роботи студент здає викладачеві оформлений звіт з необхідними розрахунками, графіками, таблицями, висновками. Звіт про роботу необхідно оформляти грамотно, охайно і розбірливо.



Частина I

БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Лабораторна робота № 1

МІКРОСКОПІЧНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ

Мета роботи – ознайомлення з металографічним мікроскопом і методикою проведення мікроаналізу.

1.1. Основні положення і зміст роботи

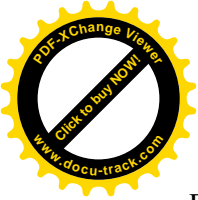
Для дослідження структури металів і сплавів найчастіше застосовуються два методи: макроаналіз і мікроаналіз.

Дослідження будови металів і сплавів неозброєним оком або при невеликих збільшеннях (до 60 разів), яке проводиться на зламах або за допомогою спеціально виготовлених зразків, так званих макрошліфів, називається **макроскопічним** аналізом або **макроаналізом**.

Для збільшення при макроаналізі використовуються лупи та бінокулярні мікроскопи.

Макрошліфи готуються в три етапи: вирізання, шліфування, травлення.

За допомогою макроаналізу можна дослідити порушення суцільності металу (тріщини, пори), дендритну будову, ліквіацію сірки, фосфору й вуглецю, волокнистість; вид зламу, наявність поверхневого гартування або хіміко-термічної обробки. Макроаналіз застосовується в промисловості при розробці технології лиття, кування, штампування, зварювання та для контролю якості виробів і встановлення причин руйнування деталей.



Мікроскопічний метод дослідження структури металів і сплавів проводиться за допомогою мікроскопу та мікрошліфів. Структура металів і сплавів, яка визначається при мікроаналізі, називається **мікроструктурою**.

Мікрошліфи готуються в 4 етапи: вирізання, шліфування, полірування, травлення. Мікрошліфи, як правило, мають діаметр 12 мм для циліндричного зразка, 12x12 мм – для зразка прямокутної форми. Висота зразків 10–15 мм.

Зразок вирізається з тієї частини деталі або заготовки, яка в даному дослідженні являє собою найбільший інтерес. Зразки вирізають фрезою, різцем, алмазним кругом або електроіскровим способом. В процесі вирізання зразків не допускається значний нагрів, тому, що він може визвати структурні зміни металу. Якщо деталі мають невеликі розміри, для виготовлення шліфа їх затискають в спеціальні струбцини, або заливають в оправках легкоплавкими матеріалами (сплав Вуда, пластмаси, епоксидні смоли).

Для шліфування і полірування використовуються абразивні матеріали, які поділяють на природні (алмаз, корунд, наждак) і штучні (електрокорунд, карбід кремнію, карбід бору, синтетичні алмази).

Найчастіше при виготовленні мікрошліфів для шліфування використовується наждак (Al_2O_3 – основа, 20–25% Fe_3O_4). В залежності від розміру абразивних часток позначення наждачного паперу згідно стандарту є наступним: для шліфзерен – 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16; шліфпорошків – 12, 10, 8, 6, 5, 4.

Зернистість шліфзерен і шліфпорошків означає як 0,1 від розміру сторони комірки сита у світлі (мкм), на якому затримуються зерна основної фракції під час їх просіювання.

Шліфування виконують на абразивних кругах або наждачному папері різних номерів, поступово зменшуючи зернистість (рис.1.1, а, б).

Поліруванням виправляють дрібні дефекти поверхні і риски, які залишаються після шліфування. Застосовується механічне, хіміко-механічне та електрохімічне полірування. Механічне полірування виконують на крузі, що обертається, з натягнутим на нього полірувальним матеріалом (фетр, оксамит, тонке сукно), на який періодично наносять абразивну речовину з частинками



малих розмірів 1–5 мкм (оксид хрому, оксид алюмінію, мікропорошки синтетичних алмазів). Полірування вважається закінченим, якщо поверхня зразка набуває дзеркального блиску.

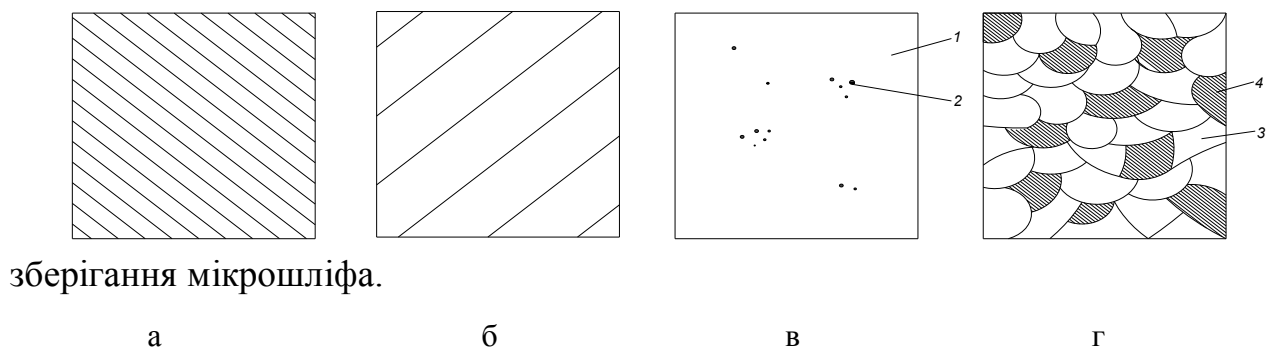
При дослідженні поверхні металу під мікроскопом після полірування можна виявити на загальному світлому фоні темні крапки. Це неметалічні включення (оксиди, сульфіди, нітриди, графіт), які погіршує якість металу (рис.1.1, в).

Після перевірки стану мікрошліфа після полірування він підлягає травленню – останній стадії для виявлення мікроструктури.

Для протравлення мікрошліфів застосовують різні реактиви (реактив Іжевського – пікринова кислота + етиловий спирт; «царська горілка» – соляна кислота + азотна кислота та ін.). Для протравлення вуглецевих сталей і чавунів найбільш поширений реактив – 4–5% спиртовий розчин HNO_3 (рис.1.1, г).

При протравленні кислоти розчиняють пограничні зони, які мають підвищений електрохімічний потенціал, що сприяє виникненню мікрорельєфу. Світлові промені, які попадають на мікрошліф, розсіюватимуться у канавках (рис.1.2, а) – і в полі зору мікроскопа пограничні канавки здаватимуться темними, а саме зерно – світлим (рис.1.2, б). Травлення дозволяє визначити число, розміри, форму, орієнтацію зерен, тощо.

Готові мікрошліфи зберігаються в ексікаторах – скляні посудини з притертою кришкою, в які засипається просушений силікагель. Таким чином, в ексікаторі зберігається суха атмосфера, що позитивно впливає на час

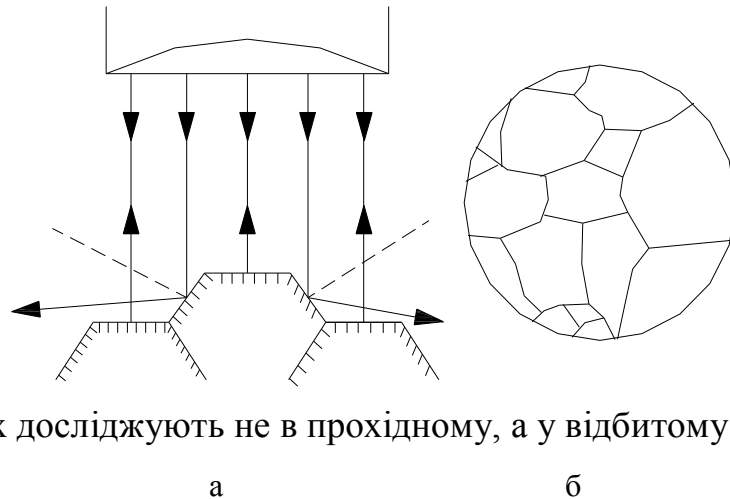


зберігання мікрошліфа.

Рис. 1.1. Етапи підготовки мікрошліфу:

а – невідома металева основа, темні крапки; б – неметалічні включення, зерна фериту; г – зерна перліту.

Для мікроскопічного дослідження структури металів і сплавів використовують *металографічні мікроскопи*. Вони відрізняються від біологічних головним чином тим, що металічні шліфи непрозорі для світлових



променів, тому їх досліджують не в прохідному, а у відбитому світлі (рис.1.2).

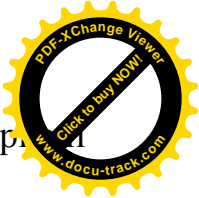
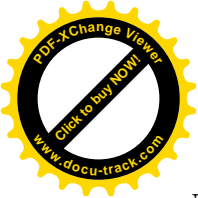
Рис. 1.2. Схема відбивання променів від протравленої поверхні:

а – мікрошліфа; б – мікроструктура протравленого мікрошліфа.

Металографічні мікроскопи бувають *оптичними* та *електронними*. Електронні мікроскопи за своїм призначенням поділяють на *просвічуючі* (ПЕМ) та *растрові* (РЕМ).

Сучасні вертикальні та горизонтальні металографічні світлооптичні мікроскопи дають збільшення від 50 до 2000 разів. Електронний мікроскоп завдяки високій роздільній здатності (більш ніж на два порядки вище в порівнянні зі світловим мікроскопом) дозволяє спостерігати тонкі особливості та деталі структури мікрооб'єктів на атомно-молекулярному рівні.

Оптичний мікроскоп призначений для спостереження та фотографування структури. Основні системи мікроскопа: *освітлювальна* (джерело світла, конденсор, світлофільтри, діафрагми); *оптична* (об'єктив, окуляр, дзеркала, лінзи, призми) (рис.1.3); *механічна* (штатив, тубус, макро- та мікрогвинти тощо) (рис.1.4).



Об’єктив являє собою систему лінз, які розміщені в одній оправі і звернені до об’єкта. Об’єктив дає зворотне збільшене справжнє зображення об’єкта.

Окуляр – це система лінз, які розміщені в одній оправі і звернені до ока спостерігача. Окуляри виправляють оптичні дефекти і дають уявне збільшене зображення, яке одержується об’єктивом.

На практиці робоче збільшення встановлюється комбінацією змінних окулярів та об’єктивів у відповідності з таблицею, що додається до мікроскопа.

Загальне збільшення мікроскопа дорівнює добутку збільшень об’єктива і окуляра:

$$V_m = V_{ok} \cdot V_{об} ,$$

де: $V_m, V_{ok}, V_{об}$ – збільшення відповідно мікроскопу, окуляра та об’єктива.

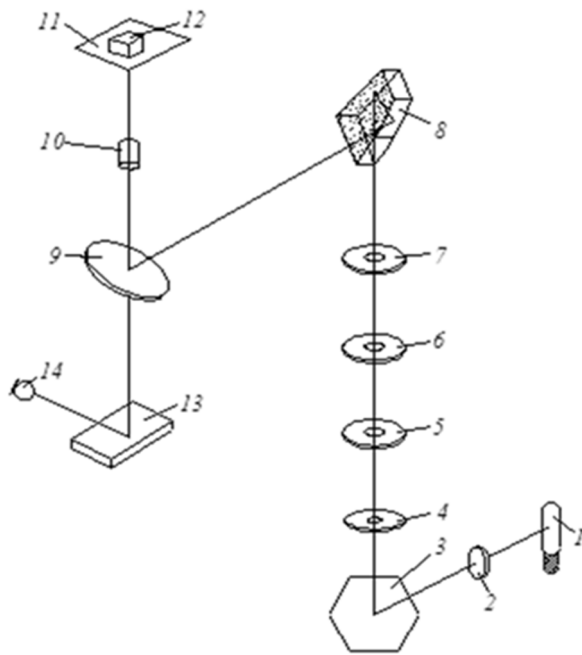
Розмір збільшень окулярів і об’єктивів вказаний на їх металічній оправі.

При користуванні оптичним мікроскопом МИМ–7 можна вибирати збільшення від х60 до х650 по табл.1.1.

Таблиця 1.1.

Таблиця визначення збільшень для оптичного мікроскопу МИМ–7, карат

Об’єктиви	Окуляри			
	7 ^x	10 ^x	15 ^x	20 ^x
8,6 (F=23,2; A=0,17)	х60	х90	х130	х170
15,4 (F=13,89; A=0,30)	х100	х150	х200	х300
24,5 (F=8,16; A=0,37)	х170	х240	х360	х500
32,5 (F=6,16; A=0,62)	х250	х320	х500	х650



Складові мікроскопа:

- 1 – лампа; 2 – колектор;
- 3 – дзеркало; 4, 6 – лінзи;
- 5 – апертурна діафрагма;
- 7 – польова діаграма;
- 8 – пентапризма;
- 9 – напівпрозора пластинка;
- 10 – об’єктив;
- 11 – предметний столик;
- 12 – мікрошліф; 13 – дзеркало;
- 14 – окуляр.

Рис.1.3. Схема металографічного мікроскопа МИМ-7

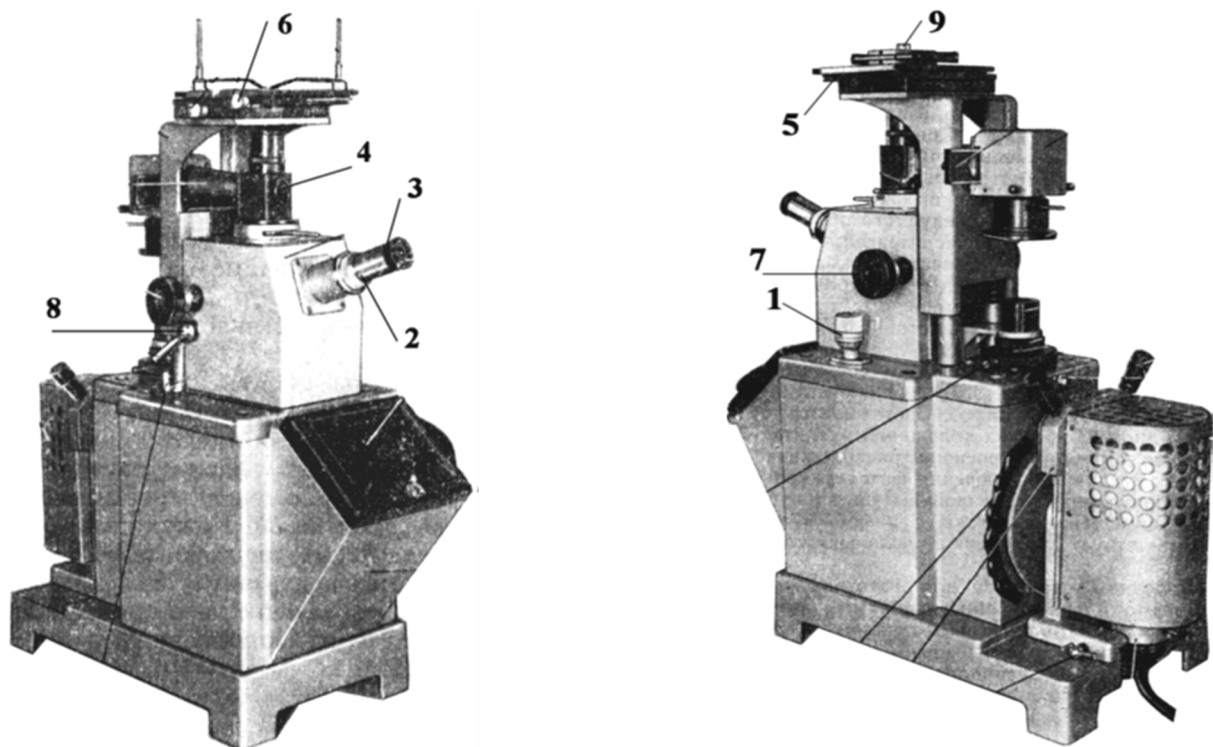


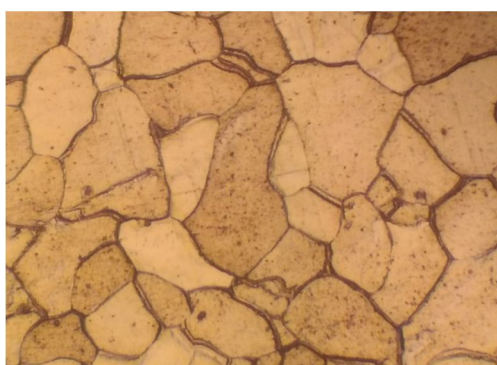
Рис. 1.4. Загальний вигляд мікроскопа МИМ-7:

- 1 – мікрогвинт; 2 – візуальний тубус; 3 – змінний окуляр; 4 – ілюмінаторний тубус зі змінним об’єктивом; 5 – предметний столик; 6 – гвинти переміщення столика; 7 – макрогвинт; 8 – фіксуєчий гвинт; 9 – зразок.

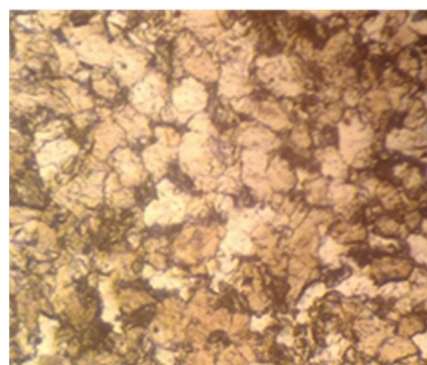
Для роботи на мікроскопі необхідно:

- вибрати збільшення та встановити відповідні об'єктив та окуляр,
- встановити предметний столик у такому положенні, щоб об'єктив знаходився в центрі отвору кільця;
- розмістити досліджуваний шліф на столик полірованою поверхнею донизу;
- при спостереженні в окуляр 3 та обертанні макрогвинта 7 провести грубе наведення на фокус та закріпити столик гвинтом 8. Точне фокусування здійснити обертанням в тому чи іншому напрямку мікрогвинта 1;
- дослідити структуру в різних ділянках шліфа, для чого перемістити предметний столик за допомогою гвинтів 6 (рис.1.5).

Растровий електронний мікроскоп призначений для отримання та фотографування збільшених зображень різних об'єктів. Діапазон збільшення складає від 50 до 100000 при роздільній здатності до 30 нм.



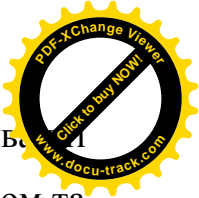
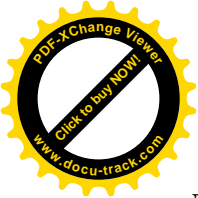
а



б

Рис. 1.5. Дослідження на оптичному металографічному мікроскопі МИМ-7: x500 мікроструктури: а – армко заліза; б – сталі 20.

Растровий електронний мікроскоп складається з електронної гармати, яка емітує електрони, електронно-оптичної системи, що формує електронний зонд та формує його сканування на поверхні зразка, системи, що формує зображення. РЕМ має вакуумну камеру, яка слугує для створення необхідного розрідження ($\sim 10^{-3}$ Па) в робочому об'ємі електронної гармати та електронно-оптичної системи (рис.1.6).



Принцип растрової електронної мікроскопії (РЕМ) полягає в скануванні ділянки зразка, що досліджується, вузько сфокусованим електронним зондом та детектуванням сигналів, які виникають при цьому. Зображення будується синхронно з розгорткою зонду на зразку, де кожному положенню пучка на поверхні зразка відповідає точка (піксель) на моніторі мікроскопу. При взаємодії електронів пучка зі зразком відбувається ряд явищ: емісія вторинних, віддзеркалених та Оже-електронів, рентгенівське випромінювання, генерація електронно-діркових пар тощо.

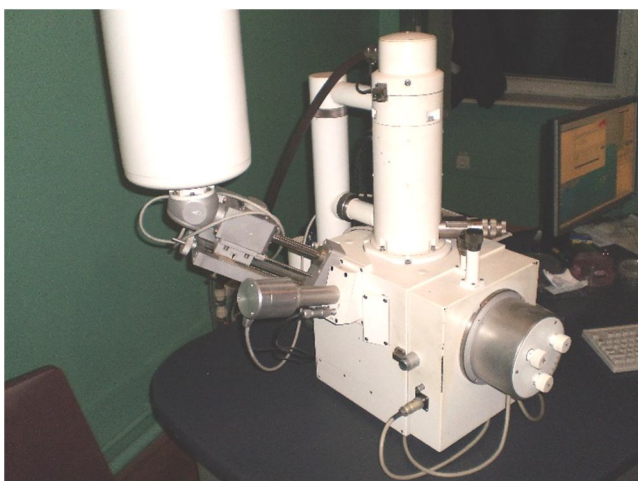
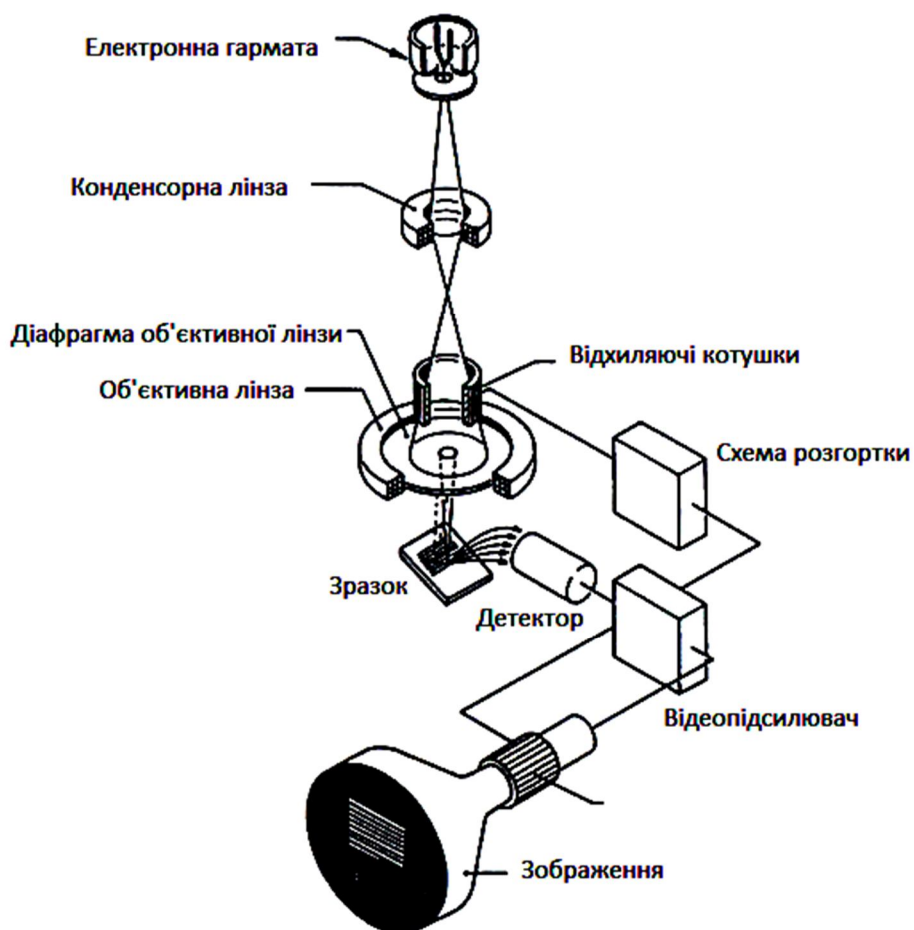
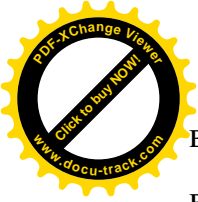


Рис. 1.6. Загальний вигляд електронного мікроскопу РЕМ-106И

Електронно-оптична колонна растрового електронного мікроскопу складається з електронної гармати, декількох електромагнітних фокуруючих лінз, відхиляючої системи та набору діафрагм (рис.1.7). Електронна гармата є стабільним джерелом електронів, а система лінз





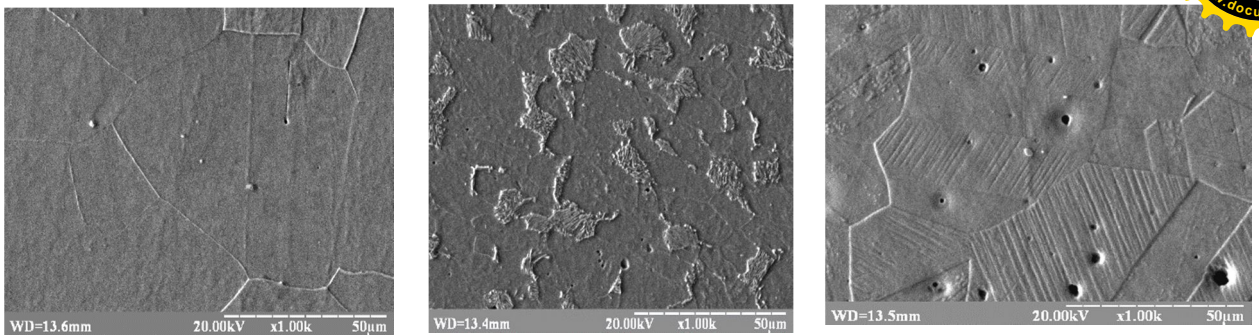
використовується для формування вузькофокусованого електронного пучка. Вихіді з катоду електрони являють собою електронну хмару, яка концентрується біля вістря.

Рис. 1.7. Схема растрового електронного мікроскопу

Шляхом подачі позитивної напруги на анод, що розташований в області вістря катода, електрони розганяються і перетворюються в направлений пучок електронів.

На даний час розроблено декілька типів катодів, які працюють за принципом термоелектронної або автоелектронної емісії, оскільки подолати роботу виходу електронів з твердого тіла можливо або шляхом розігрівання електронів, або шляхом прикладення сильного електричного поля.

Зображення в РЕМ формується в результаті синхронного розгортання електронного променя в електронно–променевої трубки (моніторі) та переміщення промені первинних електронів на поверхні зразка. Електронний промінь послідовно проходить вибрану ділянку поверхні, а електрони, що емітуються та розсіюються від поверхні, потрапляють в колектор електронів. В результаті взаємодії емітованих електронів з матеріалом сцинтилятора утворюються світлові сполохи, які за допомогою фотоелектронного множника перетворюються в електричний сигнал. Цей сигнал підсилюється підсилювачем, відео контрольним пристроєм та поступає на вхід керування яскравістю електронно–променевої трубки. В результаті зміни яскравості поверхні екрану трубки формується зображення поверхні зразка, що сканується (рис.1.8).



а

б

в

Рис. 1.8. Дослідження на електронному мікроскопі РЕМ–106И: x1000 мікроструктури: а – армко заліза; б – сталі 20; в – аустенітної сталі.

Виготовлення шліфів для дослідження на растровому електронному мікроскопі загалом здійснюється також як і для світлооптичного мікроскопа. Розміри зразків визначаються габаритами камери мікроскопа.

Електронний мікроскоп дозволяє досліджувати загальний характер структури всієї поверхні об'єкта при малих збільшеннях та детально вивчити будь-яку ділянку при великих збільшеннях.

1.2. Порядок виконання роботи

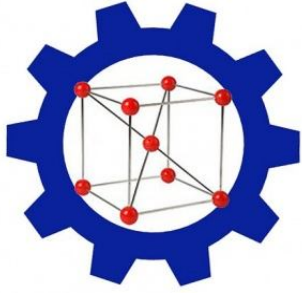
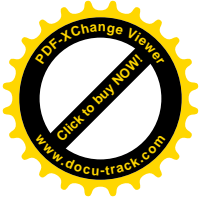
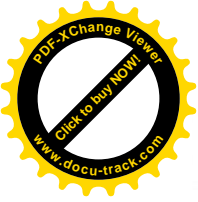
1. Ознайомитись з роботою на металографічному мікроскопі МИМ–7, намалювати його схему.
2. Приготувати мікрошліфи зі сталі або чавуну, дослідити під мікроскопом їх поверхню після різних стадій механічної обробки (грубого і тонкого шліфування, полірування) і замалювати їх.
3. Протравити мікрошліфи у 4–5%-му спиртовому розчині азотної кислоти, дослідити під мікроскопом і замалювати мікроструктуру.

Контрольні запитання

1. Що таке мікроаналіз і макроаналіз?
2. Який порядок приготування мікрошліфів? макрошліфів.



3. Який порядок приготування макрошліфів?
4. Призначення полірування і травлення шліфів.
5. Принцип дії металографічного світлооптичного мікроскопу.
6. Як визначається збільшення мікроскопу?
7. Що таке об'єктив і окуляр?
8. Принцип дії електронного растрового мікроскопу.



Частина I

БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Лабораторна робота № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ МЕТАЛІВ

Мета роботи – навчитись визначати твердість металів за методами Брінелля, Роквелла та Віккерса.

2.1. Основні положення і зміст роботи

Твердістю називається здатність металу чинити опір пластичній деформації, яка виникає при вдавлюванні у його поверхню іншого твердішого тіла (індентора) з визначеним навантаженням.

Показники твердості дають змогу визначити рівень механічних властивостей та придатність матеріалу для роботи у конструкціях.

Залежно від твердості конкретного металу і розміру зразків або деталей застосовуються різні методи визначення твердості.

Твердість за Брінеллем (НВ, МПа)

За методом Брінелля твердість металів визначають вдавлюванням у поверхню зразка (або виробу) індентора – сталеві загартованої кульки діаметром D , мм (10; 5; 2,5) з навантаженням F (від 30000 до 1875 Н). Після зняття навантаження вимірюють діаметр відбитка d , що залишається на поверхні зразка (рис.2.1).

Діаметр відбитка заміряють за допомогою ручного мікроскопу МПБ–2. Згідно з таблицею, яка додається до приладу, або за формулою знаходять твердість. Випробування має бути проведено 2-3 рази.

Число твердості HB – відношення діючого на індентор навантаження F до площі поверхні S (мм²) отриманого відбитка.

$$HB = \frac{0,102 \cdot F}{S} = \frac{0,102 \cdot 2F}{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

де: HB – твердість за Брінеллем;

F – навантаження, Н;

S – площа поверхні отриманого відбитка, мм²;

0,102 – коефіцієнт (перехід від кгс/мм² до Н/мм²);

D – діаметр індентора, мм;

d – діаметр відбитка, мм.

Твердість за Брінеллем має розмірність напруження (кгс/мм², Н/мм², МПа).

Умови випробування твердості за Брінеллем регламентовані: діаметр кульки, навантаження та тривалість витримування під навантаженням вибирають по табл.2.1. залежно від роду матеріалу (чорні, кольорові), його твердості та товщини зразка.

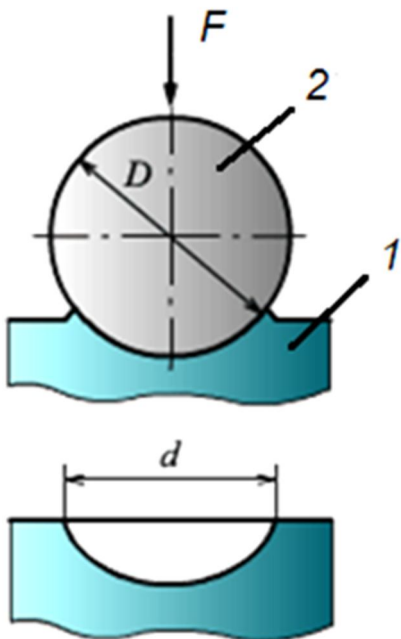
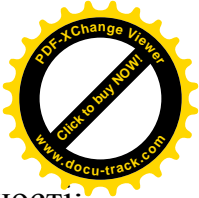
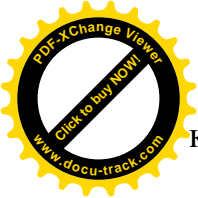


Рис. 2.1. Схема визначення твердості металів за методом Брінелля:

1 – зразок; 2 – індентор;

F – навантаження; D – діаметр індентора; d – діаметр відбитка.

Метод Брінелля не є універсальним методом визначення твердості металів. Він не може бути застосованим для випробування металічних матеріалів, які мають твердість більшу, ніж HB 4500, оскільки при їх випробуванні можлива деформація самої сталеві кульки, внаслідок чого можливі спотворення результатів. Цей метод також не можна застосувати для визначення твердості листових зразків товщиною меншою, ніж 0,5–1,0 мм та виробів складної



конфігурації, які мають малу жорсткість.

Між твердістю за Брінеллем і межею міцності існують емпіричні залежності:

для кованої і катаної сталі:

$$\sigma_s = 0,36 \cdot HB, \text{ МПа};$$

для сталюого лиття:

$$\sigma_s = \frac{HB - 40}{6}, \text{ МПа};$$

для високоміцних сталей:

$$\sigma_s = (0,33 \div 0,36) \cdot HB, \text{ МПа}.$$

Таблиця 2.1

Параметри для визначення твердості металів на приладі Брінелля (ТШ)

Матеріали	Інтервал твердості НВ, МПа	Товщина зразків, мм	Діаметр кульки, D, мм	Навантаження, P, Н (кгс)	Тривалість навантаження, с
Чорні метали	1500...4500	6 - 3	10,0	30000 (3000)	10
		4 - 2	5,0	7500 (750)	10
		< 2	2,5	1870 (187,5)	10
	< 1500	> 6	10,0	10000 (1000)	10
			5,0	2500 (250)	10
			2,5	625 (62,5)	10
Кольорові метали	1300	6 - 3	10,0	30000 (3000)	30
		4 - 2	5,0	7500 (750)	30
		< 2	2,5	1870 (187,5)	30
	350...1300	9 - 3	10,0	10000 (1000)	30
		6 - 3	5,0	2500 (250)	30
		< 3	2,5	625 (62,5)	30
	80...350	> 6	10,0	2500 (250)	60
		6 - 3	5,0	625 (62,5)	60
		< 3	2,5	156 (15,6)	60

Твердість за Роквеллом (HRC, HRA, HRB)

Твердість за методом Роквелла визначають за глибиною вдавлювання в досліджувану поверхню сталеві кульки діаметром 1,588 мм при навантаженні 1000 Н (**HRB**); алмазного конуса з кутом при вершині $\alpha=120^\circ$ при навантаженні 1500 Н (**HRC**) або 600 Н (**HRA**).

При дослідженні спочатку прикладають попереднє навантаження P_0 , що дорівнює 100 Н, потім основне P , що дорівнює 1000 Н, 1500 Н або 600 Н. Різниця глибини проникнення кульки або конуса під навантаженням P та P_0 дорівнює $h-h_0$ і характеризує твердість (рис.2.2). Чим ця різниця менша, тим твердіший матеріал, і навпаки – чим різниця більша, тим матеріал м'якший.

Для визначення твердості застосовують твердомір типу ТК.

Числа твердості за Роквеллом обчислюються за формулами:

$$(HRC, HRA) = 100 - \frac{h - h_0}{0,002};$$

$$(HRB) = 130 - \frac{h - h_0}{0,002},$$

де h – глибина проникнення індентора у зразок;

$0,002$ – ціна поділки шкали індикатора, мм.

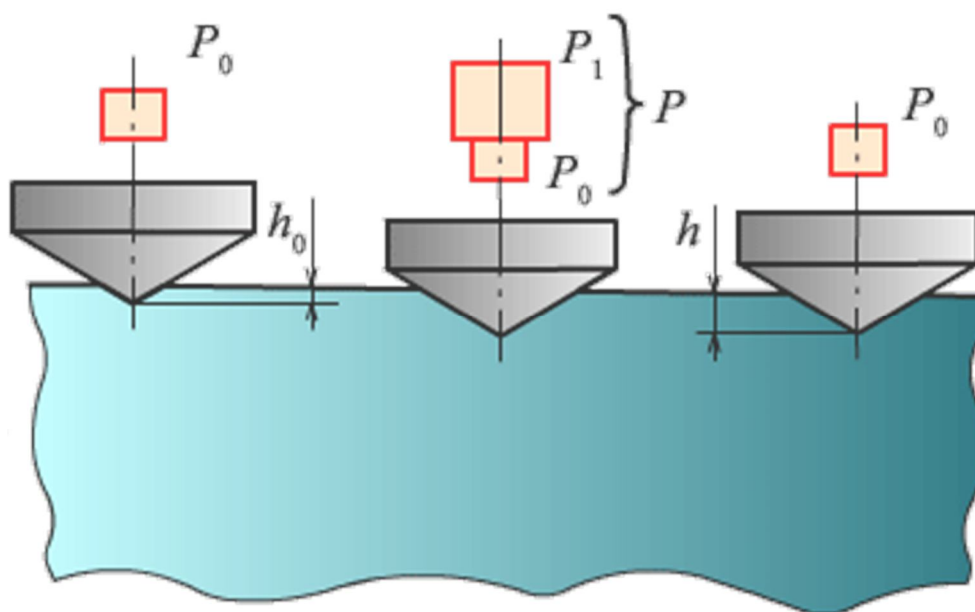


Рис.2.2. Схема визначення твердості металів за методом Роквелла

Числа твердості за Роквеллом виражаються поділками шкали індикатора приладу та є величиною умовною, зворотно пропорційною глибині втискування індентора. На (рис.2.3) приведено схему важільного приладу Роквелла (типу ТК).

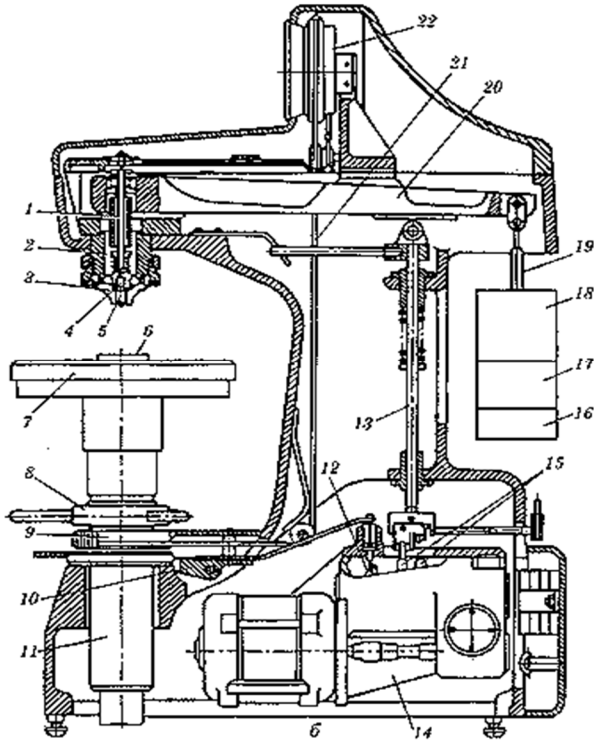


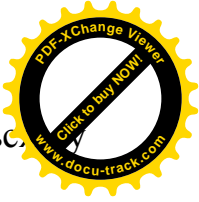
Рис. 2.3. Кінематична схема твердо-міра Роквелла (типу ТК)

до індентора.

При подальшому обертанні маховика 8 стискується пружина 2 шпинделя 1, яка створює попереднє навантаження. При цьому маховик обертають доти, доки мала стрілка не дійде червоної точки індикатора, а велика стрілка не займе приблизно вертикальне положення (± 5 поділок шкали індикатора). Основне навантаження на індентор (алмазний конус чи сталеву кульку) здійснюється за допомогою приводу 15 від електродвигуна твердоміра.

Натисканням на клавішу 10 через кронштейн 12 приводять у дію кулачковий блок 15 механізму приводу 15, передача від якого до вантажного важеля 20 здійснюється за допомогою штока 13. При цьому підвіска 19 з вантажами 16, 17, 18 опускається і створює основне навантаження. Після закінчення

У верхній частині станини твердоміра розміщено шпindel 1, в якому за допомогою гвинта 4 закріплюють оправку 5 з індентором. Постійний вантаж 16 (або 17, 18) створює навантаження на індентор, який вибирають у залежності від матеріалу вимірюваного зразка. Стіл 7 призначений для розміщення зразка 6. При обертанні за ходом годинникової стрілки маховика 8 в обертання приводиться гвинт 11, який піднімає стіл 7, підводячи зразок



вимірювання кулачковий блок автоматично вимикається і фіксується в вихідному положенні.

За число твердості приймають середнє арифметичне значення, яке отримують після трикратного випробування. Число твердості за Роквеллом можна перевести в число твердості за Брінеллем (Додаток Б).

За методом HRC вимірюють твердість загартованої або низько відпущеної сталі (з твердістю понад 4500 HB, МПа, або матеріалів середньої твердості (понад 2300 HB). За методом HRA вимірюють твердість надтвердих матеріалів або тонких шарів (листів). За методом HRB вимірюється твердість сталі після відпалу або після високого відпуску за даними табл.2.2.

Таблиця 2.2

Параметри, що використовуються при визначенні твердості металів на приладі Роквелла (ТК)

№ з/п	Стан матеріалу	Приблизна твердість за Брінеллем (HB, МПа)	Індентор	Шкала	Колір шкали	Навантаження, Н	Позначення
1	Загартована або низьковідпущена сталь	2300–7000	алмазний конус	С	чорний	1500	HRC
2	Надтвердий матеріал або лист	>7000	алмазний конус	А	чорний	600	HRA
3	Сталь після відпалу або високого відпуску	600–2300	загартована стальна кулька Ø 1,588 мм	В	червоний	1000	HRB

Твердість за Віккерсом (HV)

Вимірювання твердості за методом Віккерса проводиться для чорних і кольорових металів і сплавів під час навантаження від 9,807 Н (1 кгс) до 980,7 Н (100 кгс). Вимірювання твердості ґрунтується на вдавлюванні алмазного наконечника у формі правильної чотиригранної піраміди з кутом між

протилежними гранями 136° в зразок під дією сили P , прикладеної протилежно певного часу, і вимірюванні діагоналей відбитку d_0 , d_1 , які залишилися на поверхні зразка після зняття навантаження (рис.2.4).

Твердість за методом Віккерса визначають за формулою:

$$HV = \frac{0,102 \cdot 2P \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 0,189 \frac{P}{d^2},$$

де: P – навантаження, Н; α – кут між протилежними гранями піраміди при вершині, який рівний 136° ; d – середнє арифметичне значення довжин обох діагоналей відбитку, мм.

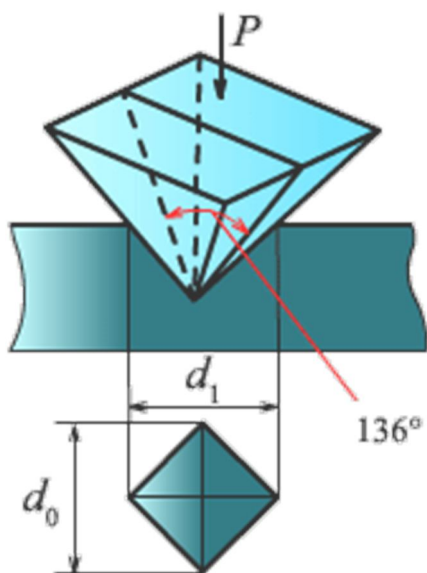
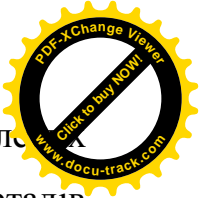
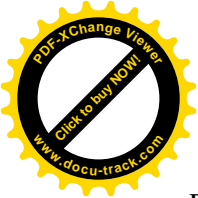


Рис. 2.4. Схема визначення твердості металів за методом Віккерса

Твердість за Віккерсом за умовами випробування $P = 294,2$ Н (30 кгс) і часу витримки під навантаженням 10...15 с – позначається цифрами, що характеризують величину твердості і буквами HV . За інших умов випробування після букв HV вказується навантаження і час витримки. Наприклад, 500 HV – твердість за Віккерсом, отримана під час навантаження $P = 294,2$ Н (30 кгс) і часі витримки 10...15 с; 220 HV 10/40 – твердість за Віккерсом, отримана при навантаженні $P = 98,07$ Н (10 кгс) і часі витримки 40 с.

Для вимірювання твердості алмазною пірамідою застосовуються такі навантаження: 9,807 (1); 19,61 (2); 24,52 (2,5); 29,42 (3); 49,03 (5); 98,07 (10); 196,1 (20); 294,2 (30); 490,3 (50); 980,7 (100) Н (кгс).

Для визначення твердості чорних металів і сплавів застосовують навантаження від 49,03 Н (5 кгс) до 980,7 Н (100 кгс); для міді і її сплавів – від 24,52 Н (2,5 кгс) до 490,3 Н (50 кгс); для алюмінієвих сплавів – від 9,807 Н (1 кгс) до 980,7 Н (100 кгс).



Під час вимірювання мінімальна товщина зразка повинна бути для сталі виробів більше діагоналі відбитка в 1,2 рази, а для виробів з кольорових металів – в 1,5 рази. Відстань між центром відбитка і краєм зразка чи краєм сусіднього відбитка повинно бути не менше 2,5 довжини діагоналі відбитка. Поверхня повинна мати шорсткість не більше 0,16 мкм і бути вільною від окисної плівки і сторонніх речовин.

За методом Віккерса вимірюють твердість тонких шарів (листів). Обладнання для вимірювання твердості за цим методом відноситься до типу ТВ.

2.2. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з роботою приладів для визначення твердості за методами Брінелля та Роквелла.

2. Ознайомитись з методами визначення твердості та замалювати їх схеми.

3. Заповнити таблиці 2.1 та 2.2.

4. Одержати набір зразків та визначити твердість на твердомірі ТК. Дані визначення твердості за методом Роквелла занести відповідно у табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Дані визначення твердості за методом Роквелла

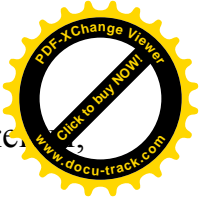
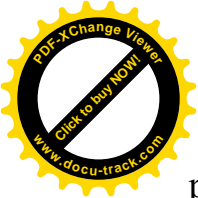
№ з/п	Індентор	Навантаження Р, Н	Твердість			Границя міцності, σ_b , МПа
			HRC	HRB	HB, МПа	
1						
2						
3						
4						

Контрольні запитання

1. Що таке твердість?

2. Як позначається твердість за Брінеллем? Вказати індентор, навантаження, розмірність.

3. Принцип вибору діаметра кульки та навантаження при визначенні твердості за методом Брінелля.

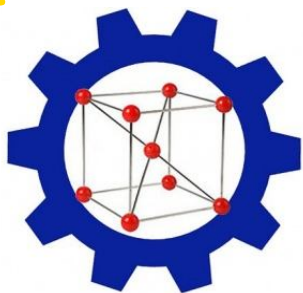
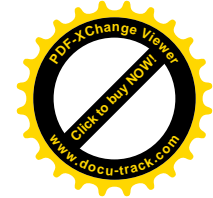
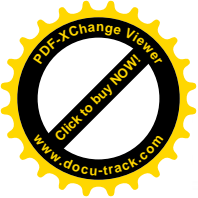


4. Як позначається твердість за Роквеллом? Вказати індентор, навантаження та розмірність.

5. Принцип вибору індентора, шкали, індексу та навантаження при випробуванні за методом Роквелла.

6. В чому суть визначення твердості за методом Віккерса?

7. Яка існує залежність між HV і σ_B ?



Частина I

БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ І ТВЕРДОСТІ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Мета роботи – ознайомитись з мікроструктурою і твердістю вуглецевих сталей у рівноважному стані.

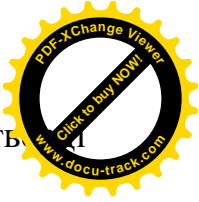
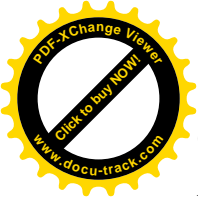
3.1. Основні положення і зміст роботи

Рівноважний це такий стан матеріалу, який відповідає мінімальному значенню вільної енергії. Він досягається при дуже малих швидкостях охолодження.

Сталями називаються залізовуглецеві сплави при вмісті вуглецю до 2,15%. Технічні сталі мають постійні (Mn , Si , P , S) і приховані (O , N , H) домішки. На фазовий і структурний стани залізовуглецевих сплавів у рівноважному стані досить точно вказує подвійна діаграма стану залізо- вуглець. Існує дві діаграми стану залізовуглецевих сплавів: стабільна (залізо–графіт) і метастабільна (залізо–цементит).

Найбільше значення має метастабільна діаграма залізо-цементит (рис. 3.1). При вивченні діаграми необхідно відрізнити поняття: компоненти, фази і структурні складові.

Компонентами називаються речовини, які складають сплав. У даному випадку це залізо і вуглець (цементит). *Фазою* називається однорідна частина системи, яка відокремлена від інших частин поверхнею розподілу, при переході через яку хімічний склад або структура речовини змінюється

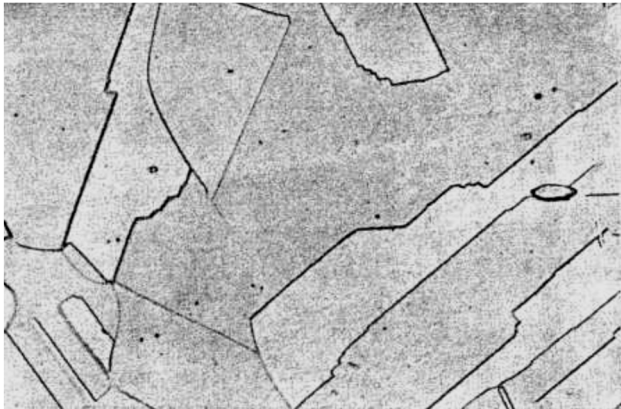


стрибкоподібно. У даній системі зустрічаються чотири фази: рідина, ть розчини – ферит і аустеніт та хімічна сполука Fe_3C – цементит.

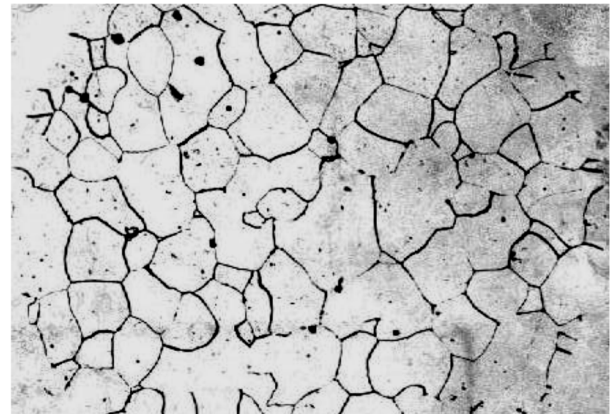
Аустеніт (А) – твердий розчин проникнення вуглецю в гама–залізі (Fe_γ або $\gamma-Fe$). Аустеніт має кубічну гранецентровану решітку з координаційним числом 12 (К12).

Гранична розчинність вуглецю в гама–залізі становить 2,15%. Аустеніт немагнітний, пластичний ($HV \sim 170-200$, $\sigma_B \sim 500-800$ МПа, $\delta \sim 50\%$, $\psi \sim 60\%$).

Ферит (Ф) – твердий розчин проникнення вуглецю в альфа–залізі (Fe_α або $\alpha-Fe$). Ферит має кубічну об’ємноцентровану кристалічну решітку з координаційним числом 8 (К8).



Структура аустеніту x200

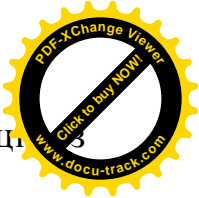
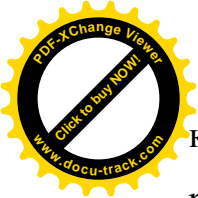


Структура фериту x200

Гранична розчинність вуглецю у альфа-залізі становить 0,02%. Ферит до 768°C феромагнітний, м’який, пластичний ($HV \sim 70$, $\sigma_B \sim 200-250$ МПа, $\delta \sim 40\%$, $\psi \sim 70\%$).

Цементит – хімічна сполука заліза з вуглецем – карбід заліза, Fe_3C , (Ц) містить 6,67% вуглецю, має високу твердість і малу пластичність ($HV \sim 850-870$).

Кожна точка діаграми стану залізо-цементит характеризує рівноважний стан сплаву залежно від температури і концентрації (рис.3.1). Лінія ABCD – лінія *ліквідус*. Вище цієї лінії всі сплави знаходяться в рідкому стані. Лінія ANJESCF – лінія *солідус*. Нижче цієї лінії всі сплави знаходяться у твердому стані. Всі сталі



кристалізуються в інтервалі температур і після первинної кристалізації (рідини) мають аустенітну структуру.

При охолодженні сталей до температури, що відповідає лінії GSE, фазових перетворень не відбувається. Лінія характеризує початок вторинної кристалізації – початок фазових перетворень у сталях в твердому стані. Так, у сталі з 0,8%-м вмістом вуглецю при 727°C (точка S) з аустеніту утворюється механічна суміш фериту і цементиту, яка називається **перлітом**:



Вміст вуглецю в перліті дорівнює 0,8% (рис.3.2, б). Перетворення аустеніту в перліт відбувається при постійній температурі (727°) і називається **евтектоїдним** перетворенням.

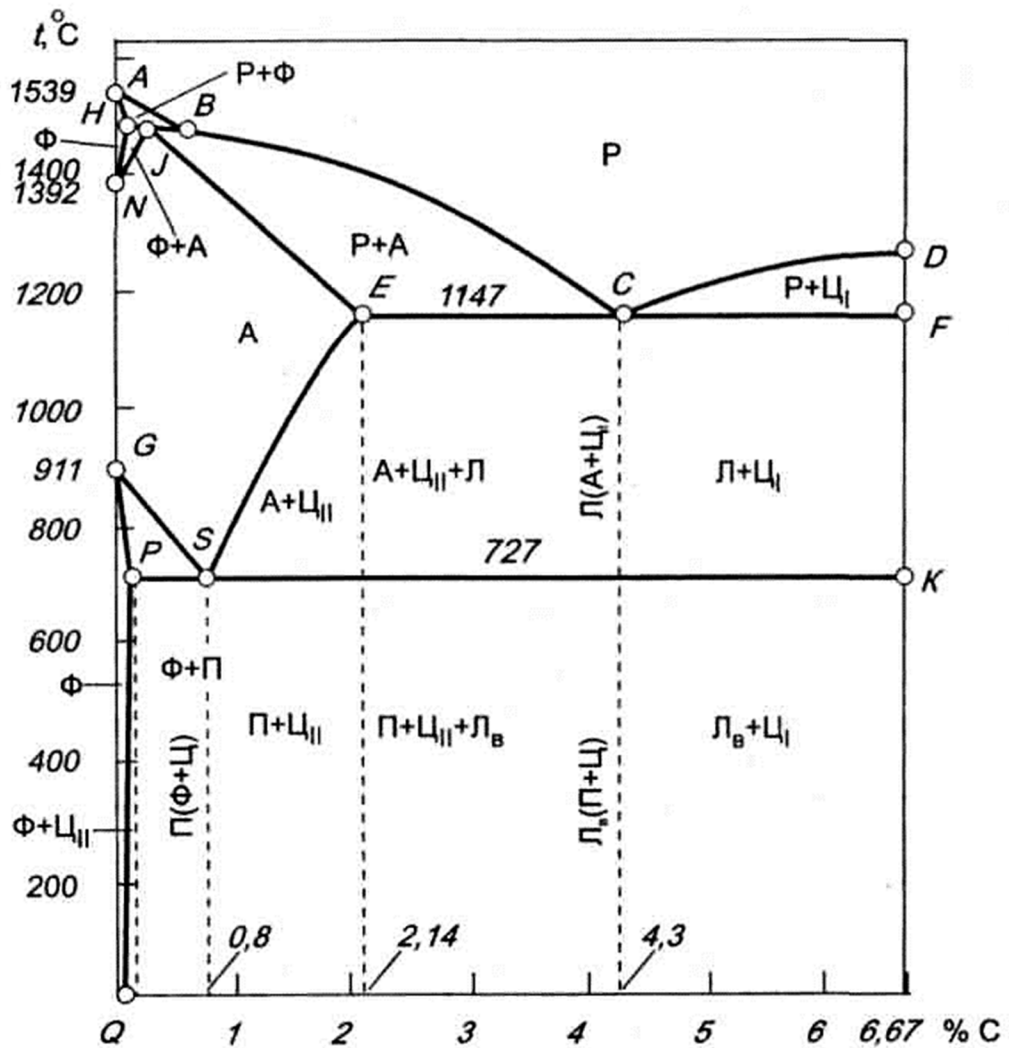


Рис. 3.1. Діаграма стану залізо-цементит

За мікроструктурою в рівноважному стані вуглецеві сталі поділяються на *доевтектоїдні* (вміст вуглецю 0,02–0,8%), *евтектоїдну* (вміст вуглецю 0,8%) і *заевтектоїдні* (вміст вуглецю від 0,8 до 2,15%). При охолодженні доевтектоїдних сталей в інтервалі температур між лініями GS і PS з аустеніту утворюється ферит, який вміщує мало вуглецю.

Внаслідок утворення фериту при подальшому охолодженні доевтектоїдних сталей концентрація вуглецю в аустеніті збільшується і при 727°C становить 0,8%. Створюються всі умови для проходження евтектоїдного перетворення, після закінчення якого структура доевтектоїдних сталей складається з фериту і перліту (рис.3.2, а). Кількість перліту в сталі змінюється пропорційно вмісту вуглецю.

Структура евтектоїдної сталі після охолодження складається із зерен перліту (рис.3.2, б).

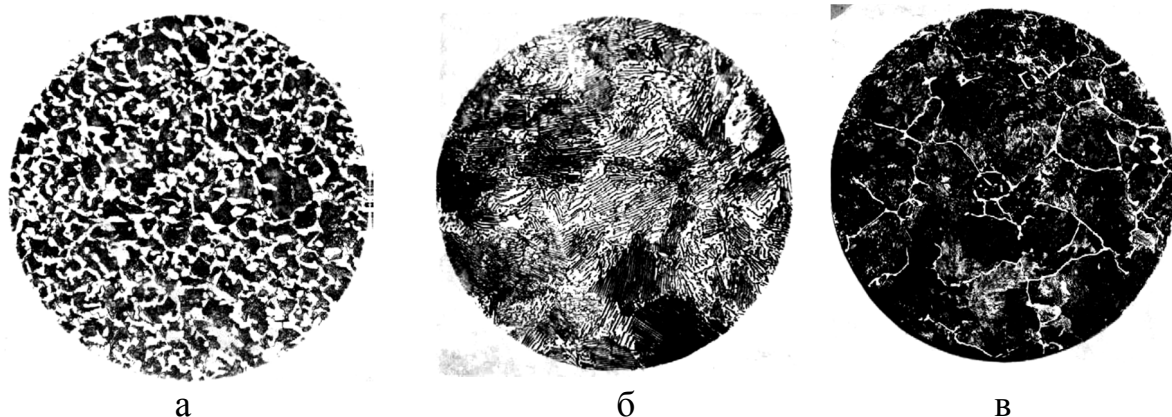
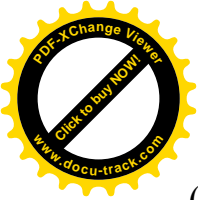


Рис. 3.2. Мікроструктури вуглецевих сталей x200:

а – доевтектоїдна; б – евтектоїдна; в – заевтектоїдна.

Структура заевтектоїдних сталей складається з перліту і вторинного цементиту. При повільному охолодженні вторинний цементит кристалізується по границям зерен аустеніту (внаслідок зменшення розчинності вуглецю в аустеніті – лінія ES), утворюючи тверду й крихку оболонку, яку у вигляді сітки можна побачити під мікроскопом (рис.3.2, в).

Класифікація і маркування вуглецевих сталей за призначенням.



Залежно від призначення вуглецеву сталь поділяють на конструкційну (містить вуглецю від 0,02 до 0,65%) та інструментальну (містять вуглецю від 0,7 до 1,3%).

Конструкційну сталь поділяють на сталь звичайної якості і якісну.

Конструкційні вуглецеві сталі звичайної якості мають літеро-цифрове позначення (ДСТУ 2651–94, ГОСТ 380–94). Виготовляють сталі таких марок: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. Літери “Ст” означають “сталь”, цифри 0,...,6 – умовний номер сталі залежно від її хімічного складу і механічних властивостей. Для позначення ступеня розкислення до марки сталі після її номера можуть додаватися індекси “сп” (“спокійна”), “кп” (“кипляча”) і “пс” (“напівспокійна”), наприклад, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп. Чим більший номер сталі, тим більший вміст вуглецю, тим вона міцніша, твердіша і менш пластична. Вміст вуглецю в цих сталях 0,23–0,49%, границя міцності $\sigma_B=300\text{--}640$ МПа, відносне видовження δ – до 33%, ударна в’язкість $KCU=22\text{--}159$ Дж/см².

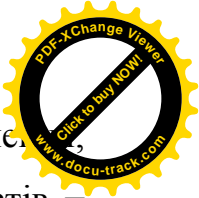
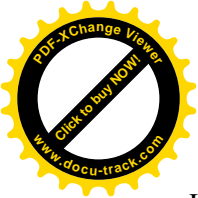
Марки, хімічний склад та ступінь розкислення сталей звичайної якості регламентуються ДСТУ 2651:2005, ISO 1052 – 82, механічні властивості гарячекатаних сталей звичайної якості регламентує ДСТУ 4738:2007.

Усі сталі звичайної якості добре зварюються. Вони є найдешевшими та найпоширенішими. З цих сталей одержують до 70% всього прокату (прутки, кутова сталь, листи, швелери, труби).

Сталі з меншим вмістом вуглецю використовують, головним чином, у металоконструкціях у промисловому та житловому будівництві, а також при виготовленні деталей, що працюють при відносно невисоких навантаженнях.

Сталі з підвищеним вмістом вуглецю (Ст5, Ст6), що мають вищі механічні властивості, використовують для виготовлення легких рейок, коліс вагонів, різноманітних валів і шестерень, гаків, кріпильних деталей.

Три марки вуглецевих сталей звичайної якості виготовляють з підвищеним (0,8–1,1%) вмістом марганцю, на що вказує літера “Г”: Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст5Гпс.



Існують також вуглецеві сталі звичайної якості спеціального призначення, що відображається при маркуванні. Наприклад, сталі для будування мостів – СтЗ–міст, для деталей топок – СтЗт, котлів – СтЗк, для корпусів суден – Ст1–с.

Вуглецеві якісні конструкційні сталі (ДСТУ 7809:2015) відрізняються від сталей звичайної якості меншим вмістом S і P та інших шкідливих домішок, а також більш вузькими інтервалами вмісту вуглецю у кожній марці сталі і підвищеним вмістом Mn і Si (у більшості випадків).

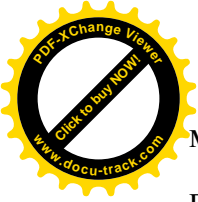
Сталі маркують двозначними числами: 08, 10, 15, 20, ..., 60, які показують середній вміст вуглецю в сталі в сотих долях відсотка. Наприклад, сталь 08 містить в середньому 0,08% C, сталь 10 – 0,10% C, сталь 60 – 0,60% C і т.д. В кінці марки може бути вказаний ступінь розкислення. Киплячими виробляють сталі 08кп, 10кп, 15кп, 18кп, 20кп; напівспокійними – 08пс, 10пс, 15пс, 20пс. Спокійні сталі маркують без індексу.

ДСТУ 7809:2015 гарантує механічні властивості якісних сталей після різних видах термічної обробки.

Маловуглецеві сталі (до 0,25% C) мають низьку міцність ($\sigma_B=330-460$ МПа, $\sigma_{0,2}=200-280$ МПа) та високу пластичність ($\delta=23-33\%$), тому з них виготовляють вироби переважно холодним штампуванням. Їх використовують в автомобілебудуванні для виготовлення деталей складної форми. Глибоке витягування з листа цих сталей (08кп, 10кп, 15кп, 20кп) використовується під час виготовлення консервних банок, емальованого посуду та інших виробів. Завдяки добрій зварюваності вони широко використовуються також для зварних конструкцій.

Для збільшення поверхневої міцності маловуглецевих сталей марок 15, 20, 25 їх цементують (насихують поверхню вуглецем) та використовують для виготовлення деталей невеликого розміру, наприклад, мало навантажених зубчастих коліс, кулачків тощо, вимогами до яких є тверда, зносостійка поверхня та в'язка серцевина.

Середньовуглецеві (0,3–0,5% C) сталі – марок 30, 35, 40, 45, 50 в нормалізованому стані відзначаються підвищеною міцністю ($\sigma_B=600-700$ МПа, $\sigma_{0,2}=400$ МПа), але відповідно меншою в'язкістю в порівнянні з



маловуглецевими. Залежно від умов роботи деталей з цих сталей підлягають різним видам термічної обробки. З середньовуглецевих сталей виготовляють кріпильні вироби (болти, гайки), вали, зубчасті колеса, шатуни.

Високовуглецеві (більше 0,6% С) сталі зазнають різних видів термічної обробки, що надає їм високої міцності, зносостійкості, пружності. З високовуглецевих сталей марок сталь 60 (ДСТУ 3833-98), сталі 65, (ДСТУ 3760-98) виготовляють деталі, що працюють в умовах тертя та вібраційних навантажень: прокатні валки, диски зчеплення, впускні клапани компресорів, ресори, пружини, стрічки, троси.

Вуглецеві інструментальні сталі (ДСТУ 3833–98, ГОСТ 1535–99) позначають літерою “У” і цифрою, що показує вміст вуглецю в десятих долях відсотка, наприклад У7, У8, У9,..., У13, які містять відповідно 0,7% С 0,8%, 0,9% та 1,3% С. Сталі виготовляють якісними і високоякісними.

Якісні сталі містять не більше 0,028% сірки і 0,030% фосфору, високоякісні – сірки не більше 0,018% і фосфору 0,025%, що позначають літерою А в кінці марки (У7А–У13А). Деякі вуглецеві інструментальні сталі мають підвищений вміст марганцю (0,17–0,58%): У8Г, У8ГА.

З вуглецевих інструментальних сталей виготовляють різальні інструменти, що працюють в умовах, які не викликають розігріву різальної кромки вище 200°C, тобто при низьких швидкостях різання.

При виборі інструментальної сталі для виготовлення інструментів виходять з умов роботи. Так, для різального інструменту, що працює без ударів (напилки, мітчики), застосовують сталі більш тверді, тобто з більшим вмістом вуглецю – У10, У12. Інструмент, який піддають ударним навантаженням (зубила, молотки), повинен мати деяку в'язкість, тому для його виготовлення застосовують менш тверді, але і менш крихкі сталі з меншим вмістом вуглецю – У7, У8.

3.2. Порядок виконання роботи

1. Накреслити діаграму стану залізо-цементит.
2. Вивчити перетворення, які відбуваються при охолодженні і нагріванні доєвтектоїдних, евтектоїдної та заєвтектоїдних сталей.

3. Дослідити під мікроскопом і замалювати мікроструктуру таких марок сталей: сталь 20, сталь 45, У8, У12.
4. Виміряти твердість названих сталей за Роквеллом і занести до табл. 3.1.
5. Побудувати графік впливу вмісту вуглецю на твердість сталі в координатах – %С в сталях – НВ, МПа та пояснити причини зміни твердості.
6. Ознайомитись з класифікацією і маркуванням вуглецевих сталей за призначенням.

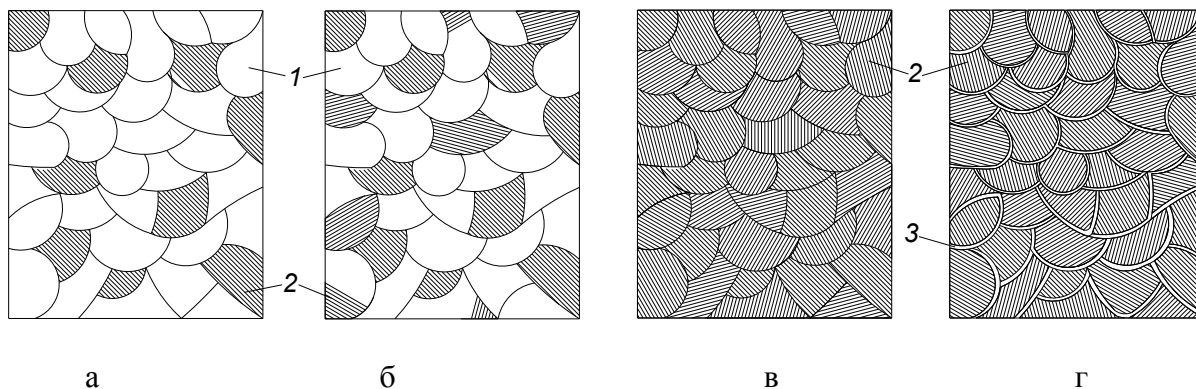


Рисунок 3.3 – Схеми мікроструктур вуглецевих сталей:

а, б – доевтектоїдні (сталь 20 та сталь 45); в – евтектоїдна (У8);
 г – заевтектоїдна (У12). Структурні складові: 1 – ферит, 2 – перліт,
 3 – цементит (вторинний).

Таблиця 3.1.

Дані визначення твердості вуглецевих сталей

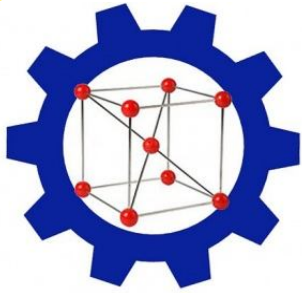
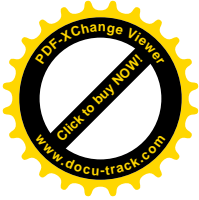
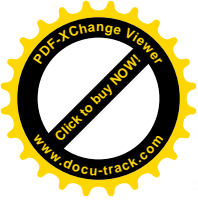
Номер зразка	Марка сталі	Вміст вуглецю, %	Твердість			Границя міцності, σ_b , МПа
			HRC	HRB	НВ, МПа	
1	Сталь 20					
2	Сталь 45					
3	У8					
4	У12					

Контрольні запитання

1. Що таке діаграма стану залізовуглецевих сплавів, компоненти, фаза, структура?



2. Що таке ферит, аустеніт, цементит, перліт?
3. На які класи по рівноважній структурі поділяють сталі?
4. Пояснити перетворення, які відбуваються в сталях при їх нагріванні та охолодженні.
5. Класифікація та маркування вуглецевих сталей.
6. Призначення вуглецевих сталей.



Частина I

БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Лабораторна робота № 4

ВИВЧЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧАВУНІВ

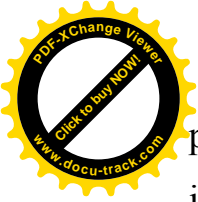
Мета роботи – отримати навички визначення за мікроструктурою виду чавуну, оцінити його механічні властивості, встановити орієнтовно марку (крім білого чавуну) та сферу його використання.

4.1. Основні положення і зміст роботи

За хімічним складом чавуни відрізняються від сталей більш високим вмістом вуглецю (більше 2,15 %) і постійних домішок (*S, P, Si, Mn*). Чавун має більш низькі механічні властивості, ніж сталь. Однак його добрі технологічні властивості (ливарні, оброблюваність різанням, зносостійкість, антифрикційні властивості тощо) роблять чавун придатним для виготовлення різноманітних деталей для машин різного технологічного призначення, в тому числі і для сільськогосподарських машин.

Залежно від стану вуглецю чавуни поділяються на дві групи: **білі чавуни**, в яких весь вуглець знаходиться в складі хімічної сполуки Fe_3C (*цементиту*), і **сірі (графітізовані) чавуни**, в яких весь вуглець або більша його частина знаходиться у вільному стані у вигляді *графіту*.

Структура білих чавунів залежить від вмісту вуглецю і відповідає діаграмі стану залізо–цементит. Діаграма стану залізо-цементит показує стан і перетворення в білих чавунах. Тут відбувається евтектичне перетворення,



результатом якого є **ледебурит** – евтектична суміш, яка складається з аустеніту і цементиту і утворюється з рідкої фази при 1157°C . Нижче 727°C відбувається евтектоїдне перетворення аустеніту в перліт, в результаті чого ледебурит буде мати структуру перліту і цементиту. Вміст вуглецю в ледебуриті дорівнює 4,3%.

За вмістом вуглецю та мікроструктурою білі чавуни поділяються на:

доевтектичні (2,15 ...4,3 % C, на діаграмі стану від точки *E* до точки *C*). Їх структура має три складових – *перліт*, *ледебурит*, *вторинний цементит* (рис.4.1, а). Перліт спостерігається під мікроскопом у вигляді темних зерен, частина цементиту вторинного – світлих оболонок навкруги перлітних зерен, а інша частина зливається з цементитом ледебуриту і під мікроскопом як окрема складова не спостерігається; ледебурит має вигляд ділянок з невеликими темними зернами округлої або витягнутої форми перліту, рівномірно розташованих у білій цементитній основі.

евтектичний чавун (4,3 % C) складається з *ледебуриту* – механічної суміші перліту з цементитом (рис. 4.1, б).

заевтектичні чавуни (4,3...6,67 %C) має дві структурні складові – *первинний цементит* і *ледебурит* (рис. 4.1, в).

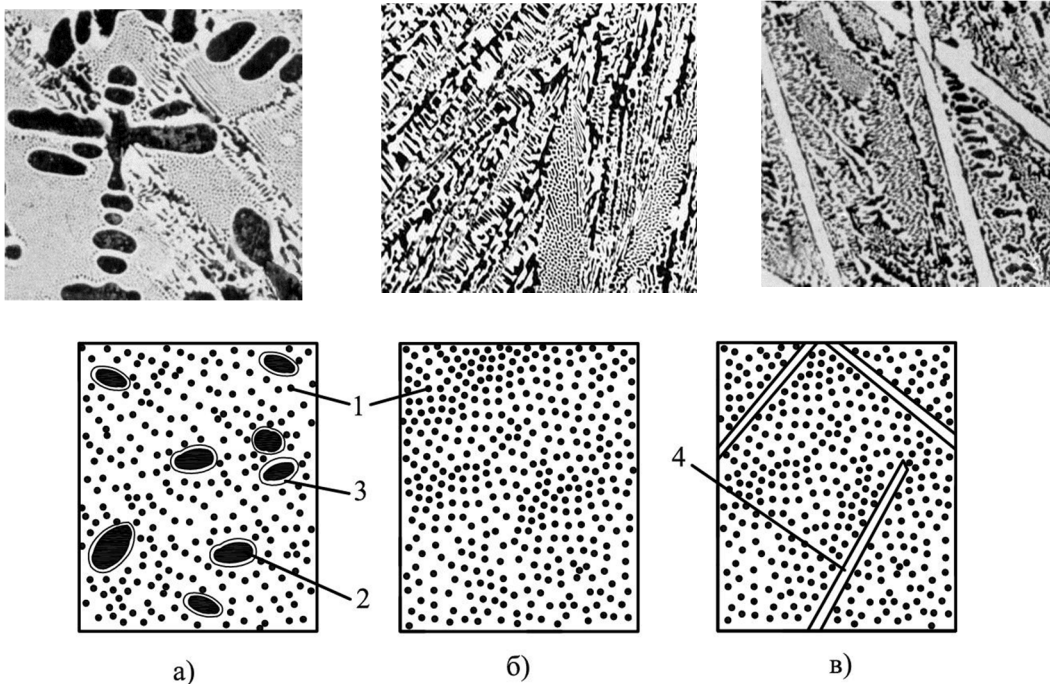
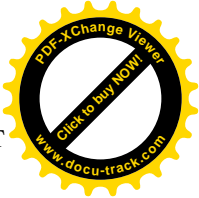


Рис.4.1. Мікроструктури та схеми мікроструктур білих чавунів:

а – доевтектичного; б – евтектичного; в – заевтектичного;



1 – ледебурит; 2 – перліт; 3 – цементит вторинний; 4 – цементит первинний.

Білі чавуни надто крихкі та тверді, погано обробляються різальним інструментом і в автомобілебудуванні використовуються дуже рідко (зірочки для очистки литва від пригару, кульки млинів), зазвичай вони йдуть на виготовлення ковкого чавуну.

Конструкційними чавунами є сірі (графітизовані) чавуни, які поділяються на чотири види залежно від форми графітних включень у їх структурі: **сірі, ковкі, високоміцні** та чавуни з **вермикулярною формою графіту**. Структура металевої основи в цих чавунах може бути феритною, ферито-перлітною або перлітною.

В сірих чавунах (*grey cast iron*) графіт має **пластинчасту** форму (рис. 4.2, а), в ковких – компактну **пластівчасту** (хлоп'євидну) (рис.4.2, б), у високоміцних – **кулясту** (рис.4.2, в), у чавунах з **вермикулярною** формою – у вигляді коротких потовщених пластин з округлими кінцями (рис.4.2, г). Цю форму можна розглядати як проміжну між пластинчастою і кулястою.

Сірий чавун. Пластинчаста форма графіту в сірому чавуні суттєво знижує механічні властивості чавуну, зокрема міцність, пластичність, ударну в'язкість. В той же час графітні включення полегшують оброблюваність різанням, роблять стружку ламкою, підвищують зносостійкість і здатність поглинати вібрації і резонансні коливання, надають чавуну хороших ливарних властивостей. Отриманню сірих чавунів сприяє повільне охолодження виливків, підвищений вміст кремнію та знижений марганцю, а також такий процес як модифікування рідкого чавуну феросиліцієм або силікокальцієм. Сірий чавун – складний сплав, хімічний склад якого коливається в таких межах: 3,2...3,8 % C; 1,0...3,5 % Si; 0,5...0,8 % Mn; 0,2...0,4% P; до 0,12 % S. Виготовляють такий чавун марок: СЧ10; СЧ15; СЧ20; СЧ25; СЧ30; СЧ35; СЧ40; СЧ45 (С – сірий, Ч – чавун, цифри показують мінімальну міцність чавуну на розтяг в кг/мм² або в 10⁻¹ МПа). Твердість сірого чавуну коливається від НВ 129 до НВ 269 залежно від марки. Пластичність сірого чавуну мала (відносне видовження δ не перевищує 0,5%), тому він може застосовуватись для

виготовлення деталей, які не зазнають навантажень на розтяг і удар. Це бл. циліндрів, картери, гільзи, циліндри парових машин, маховики, станини металорізальних верстатів тощо.

Ковкий чавун. Ковким називається чавун, в якому графіт має пластівчасту (хлоп'євидну) форму. Така форма графіту утворюється з білого чавуну внаслідок його тривалої витримки (відпалювання) при температурі 950...1000 °С. Назва “ковкий” не означає, що цей чавун можна кувати або піддавати будь-якій іншій обробці тиском. Це суто ливарний матеріал, а назва свідчить тільки про його більшу пластичність порівняно із сірим чавуном. Ковкий чавун поділяється на марки: КЧ30–6; КЧ33–8; КЧ35–10; КЧ37–12; КЧ45–6; КЧ50–4; КЧ56–4; КЧ60–3; КЧ63–2 (К – ковкий, Ч – чавун, перші дві цифри показують міцність у $\text{кг}/\text{мм}^2$, другі – відносне видовження у відсотках).

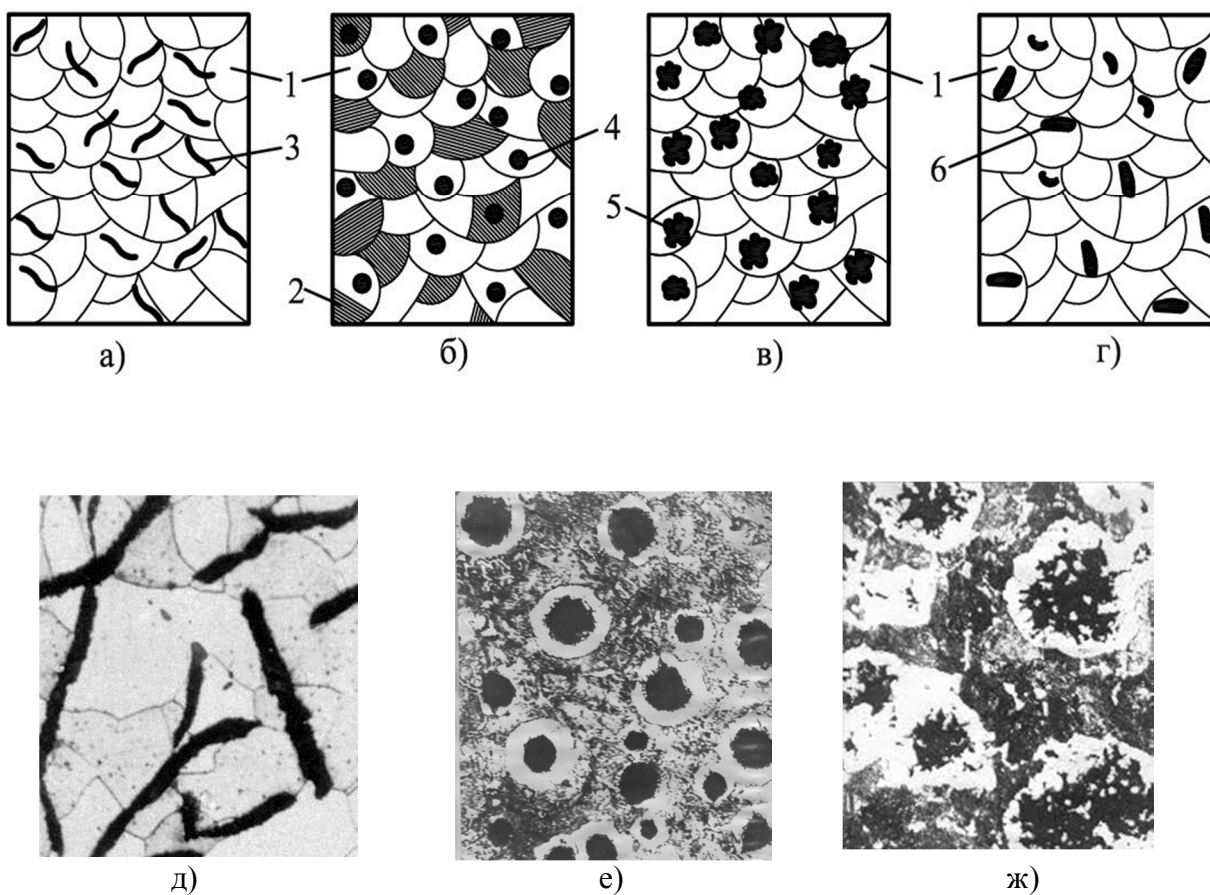
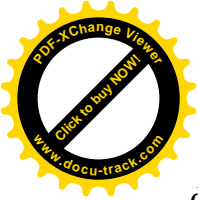


Рис. 4.2. Схеми мікроструктур та мікроструктури сірих чавунів:

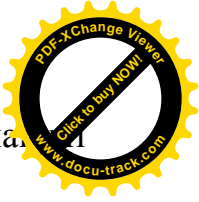
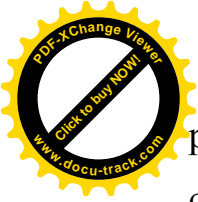


а – сірий феритний, б – високоміцний ферито-перлітний, в – ковкий феритний, г – чавун з вермикулярним графітом феритний; д – сірий феритний; е – високоміцний ферито-перлітний; ж – ковкий ферито-перлітний; 1 – ферит; 2 – перліт; 3 – пластинчастий графіт; 4 – кулястий графіт; 5 – пластівчастий графіт; 6 – вермикулярний графіт.

Хімічний склад ковкого чавуну знаходиться в межах: $2,4...2,8 \% C$; $0,8...1,4 \% Si$; $0,3...1,0 \% Mn$; $0,08...0,1 \% S$; до $0,2 \% P$. Знижені значення вмісту вуглецю та кремнію і підвищений марганцю потрібні для того, щоб у виливках була структура білого чавуну. З цією ж метою товщина стінок виливків не повинна перевищувати 40...50 мм. При більших розмірах в стінках можливе утворення пластинчастого графіту і чавун стає непридатним для відпалювання.

Ковкі чавуни знайшли застосування в сільськогосподарському, автомобільному, текстильному машинобудуванні. З нього виготовляють деталі високої міцності, що працюють у важких умовах зношування, здатні сприймати ударні та змінні за напрямом навантаження (картери редукторів, гаки, скоби, фланці, маточини коліс, елементи карданних валів, ланцюги та ролики конвеєрів тощо). Добрі ливарні властивості вихідного білого чавуну дають можливість виготовляти виливки складної форми.

Високоміцний чавун. Високоміцним називається чавун, в якому графітні включення мають кулясту форму. Така форма графіту утворюється при обробці рідкого чавуну невеликими дозами таких елементів як магній, церій, кальцій, ітрій. Ці елементи називаються **модифікаторами**. Вони практично не змінюють хімічний склад сплавів, зате суттєво впливають на їхню структуру, змінюючи форму графітних включень, розмір зерен, їх розташування тощо. Як модифікатор для виготовлення чавуну з кулястим графітом найчастіше всього використовується магній – найбільш ефективний і дешевий елемент. Остаточний вміст магнію для отримання кулястого графіту становить 0,04...0,06%. За вмістом решти елементів високоміцний чавун не відрізняється від сірого, за винятком сірки, якої у високоміцному чавуні 0,01...0,03%. Таке зменшення вмісту сірки відбувається завдяки тому, що магній при обробці



рідкого чавуну активно реагує із сіркою з утворенням нерозчинних у чавуні сульфідів магнію Mg_2S .

Високоміцний чавун поділяється на марки: ВЧ 350–22; ВЧ 400–15; ВЧ 420–12; ВЧ 450–10; ВЧ 450–5; ВЧ 500–7; ВЧ 600–7; ВЧ 700–2; ВЧ 800–2; ВЧ 900–2; ВЧ 1000–2 (В – високоміцний, Ч – чавун, перше число вказує межу міцності на розтяг в $МПа$, друге число через дефіс – значення межі відносного видовження у відсотках).

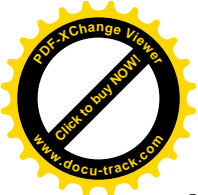
Високоміцний чавун використовується для виготовлення середньо- та важко навантажених деталей відповідного призначення: прокатного, ковальсько-пресового обладнання, корпусів парових турбін, колінчастих валів для автомобілів, тракторів та комбайнів, поршнів, кронштейнів та інших деталей.

Чавун із вермикулярним графітом. Високоміцний чавун із кулястим графітом поряд із його позитивними якостями (високі механічні та експлуатаційні характеристики) має і суттєві недоліки (підвищену об'ємну усадку, понижену теплопровідність, схильність до відбілу). У чавуні з **вермикулярним** графітом ці недоліки відсутні. В ньому поєднуються високі механічні і ливарні властивості, висока теплопровідність, низька собівартість.

Графіт в такому чавуні має вигляд коротких потовщених пластин з закругленими кінцями (рис.4.2, г), форма яких є перехідною між пластинчастим і кулястим графітом. Як конструкційний матеріал чавун із вермикулярним графітом є найбільш молодим типом чавуну.

Перша технологія його виробництва була розроблена лише в 1966 році. Суть цієї технології полягає в тому, що рідкий чавун обробляється модифікаторами в кількості, недостатній для отримання цілковито кулястої форми графіту. У структурі чавуну утворюється вермикулярний графіт і 20..30% кулястого. Наприклад, при обробці чавуну магнієвими модифікаторами остаточний вміст магнію для забезпечення вермикулярного графіту повинен бути біля 0,02 %.

Зараз існує ДСТУ 3326–99 “Чавун з вермикулярним графітом”, за яким цей чавун поділяється на марки: ЧВГ 300–4; ЧВГ 400–4; ЧВГ 500–1 (Ч – чавун, В – вермикулярний, Г – графіт, перше число вказує межу міцності на розтяг в $МПа$, друге число через дефіс – значення межі відносного видовження у відсотках).



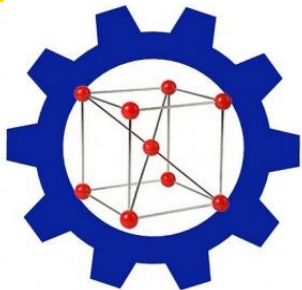
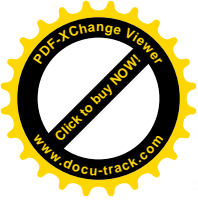
Чавун з вермикулярним графітом є ефективним матеріалом для деталей машин, які зазнають досить високих статичних, ударних і циклічних навантажень, працюють в умовах теплових змін тощо. В автомобілебудуванні цей чавун застосовується для виготовлення головок блоків циліндрів, випускних колекторів, гальмівних дисків, колінчастих і розподільчих валів, блоків циліндрів, зубчастих коліс, корпусів турбокомпресорів тощо.

4.2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити під мікроскопом мікрошліфи чавунів, визначити структурні складові і за ними визначити вид чавуну (білий, сірий, ковкий, високоміцний).
2. Зарисувати схеми мікроструктур.
3. Записати приблизну марку чавуну, його хімічний склад, властивості, сферу використання.

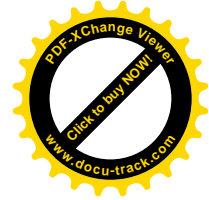
Контрольні запитання

1. Які сплави називаються чавунами?
2. Які типи конструкційних чавунів існують?
3. Яка основна структурна відмінність чавунів різних типів?
4. Якою може бути структура металевої основи чавунів?
5. Від чого залежить отримання тієї чи іншої структури металевої основи чавунів?
6. В чому полягає технологія виготовлення ковкого чавуну?
7. В чому полягає технологія виготовлення високоміцного чавуну?
8. Як маркуються чавуни різних типів?



Частина I

БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ



Лабораторна робота № 5

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Мета роботи – вивчити вплив швидкості охолодження на перетворення переохолодженого аустеніту вуглецевої сталі 45.

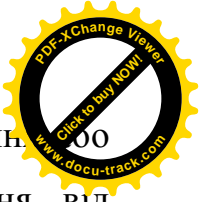
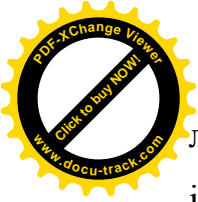
5.1. Основні положення і зміст роботи

Термічною обробкою називається сукупність операцій нагрівання до визначеної температури, витримки й охолодження сплавів з певною швидкістю для одержання необхідної структури і властивостей.

Можливість зміцнення сталі за рахунок термічної обробки обумовлена наявністю фазових перетворень після кристалізації: охолоджуючи аустеніт з різними швидкостями і забезпечуючи тим самим різний ступінь переохолодження, одержуємо продукти розпаду, що різко відрізняються за будовою і властивостями.

Режим термічної обробки характеризується такими основними параметрами: швидкістю і температурою нагрівання, тривалістю витримки (для прогрівання деталі по перерізу і завершення фазових перетворень) та швидкістю охолодження.

Якщо нагрівати дуже повільно, то всі фазові перетворення у вуглецевих сталях описує ліва частина діаграми залізо–вуглець. Критичні температури цих перетворень позначають буквою *A* з певними індексами. Зокрема, температуру лінії *PSK* позначають через *A₁*, температури лінії *GS* – через *A₃*, а температури



лінії SE – через A_{cm} . До цих позначень додають індекс c в разі нагрівання, індекс r – при охолодженні, наприклад: A_{c1} , A_{cm} , A_{r3} . Відхилення від рівноважних умов спричинює тепловий гістерезис, тобто розбіжність критичних температур нагрівання та охолодження, тому до критичних температур при нагріванні додають $+30...50^{\circ}C$.

На практиці найбільш розповсюдженими є наступні види термічної обробки вуглецевих сталей: відпал, нормалізація, гартування та відпуск. Виробам за допомогою термічної обробки, як правило, надають відповідний комплекс фізико–механічних властивостей. Необхідне сполучення властивостей досягається за рахунок відповідного регулювання структури сталі, яка в свою чергу, формується за рахунок варіювання температури нагрівання та швидкості охолодження при термічній обробці. В залежності від конкретного сполучення останніх розрізняють три основних типи структурного перетворення.

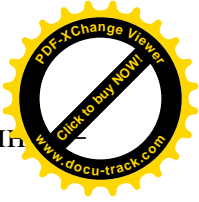
1. При повільному охолодженні із аустенітного стану в температурному інтервалі критичних точок формуються структури рівноважного типу за рахунок фазової перекристалізації.

2. При швидкому охолодженні із аустенітного стану, коли пригнічується перетворення аустеніту в перліт по рівновісним реакціям, має місце більш або менш значне переохолодження аустеніту відносно критичної точки A_1 формуються нерівноважні структури. Формування структур відбувається або дифузійним шляхом – структури типу сорбіт та троостит гартування або бездифузійним – мартенситні структури.

3. При нагріванні нерівновісних структур нижче точки A_1 відбуваються зміни, які наближають сталь до рівноважного стану та має місце розпад нерівноважних структур.

Перший тип процесів характерний для відпалу та нормалізації, другий для гартування, третій для відпуску.

Для різних видів термічної обробки оптимальні режими, які гарантують отримання необхідної структури та заданого поєднання властивостей призначають використовуючи діаграму стану залізо-цементит та діаграму ізотермічного перетворення аустеніту. За діаграмою залізо-цементит вибирають



температуру нагрівання сталі, за діаграмами ізотермічного перетворення та швидкість охолодження.

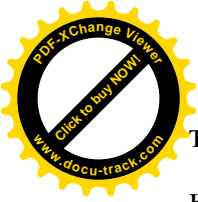
Мікроаналіз структурного стану дозволяє визначити режим та оцінити якість термічної обробки.

Відпал – термічна операція, яка полягає в нагріванні сталі вище критичної температури, витримці і повільному охолодженні (разом з піччю).

Відпал сталевих виробів проводять для зниження твердості, покращення оброблюваності різанням, підготовки або виправлення структури та зняття внутрішніх напружень.

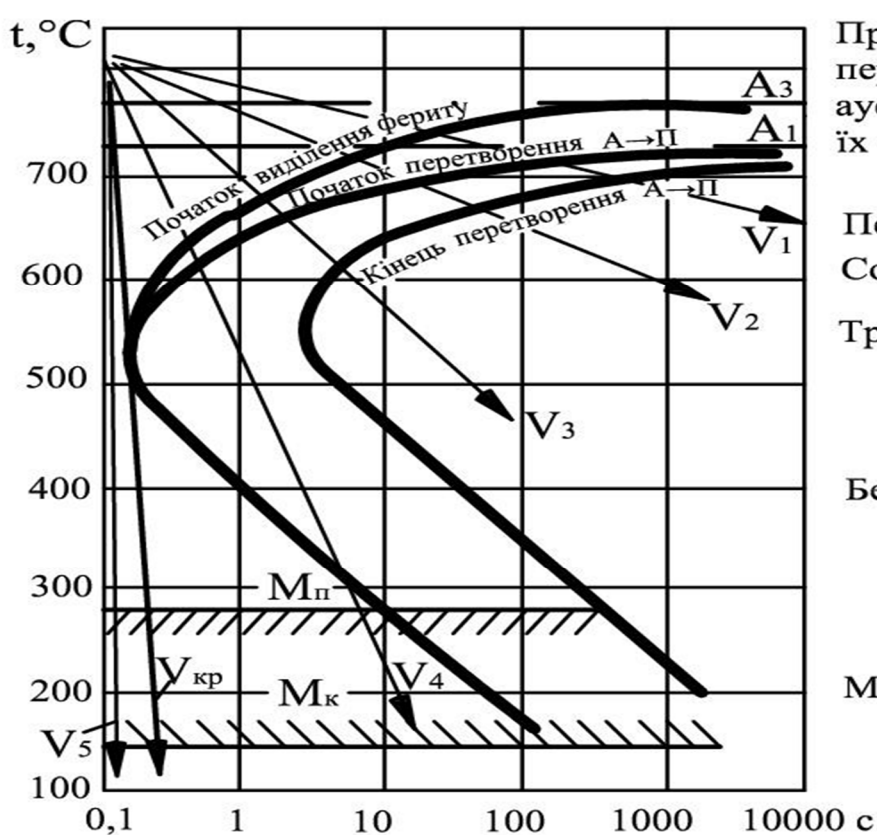
Для **доевтектоїдних** конструкційних сталей найбільш розповсюдженим режимом відпалу є нагрівання до температури $A_{c3}+30...50^{\circ}\text{C}$ (вище лінії GS), витримці при цій температурі з наступним повільним охолодженням (зазвичай разом із піччю).

Розглянемо структурні перетворення при такому режимі термічної обробки. При нагріванні вище A_{c3} сталь переходить в аустенітний стан. В процесі повільного охолодження (лінія V_1 , рис.5.1) по досягненню температури A_{c3} (точка перетину променю V_1 з лінією «початку виділення фериту») починається виділення фериту. Аустеніт при цьому збагачується вуглецем, концентрація якого підвищується до 0,8%. По досягненню температури A_{r1} (точка перетину променю V_1 з лінією «початку перетворення») починається розпад аустеніту з утворенням перліту. При неперервному охолодженні цей процес протікає в інтервалі температур і закінчується при температурі нижче точки A (точка перетину променю V_1 з кривою «кінець перетворення» (рис.5.1). Таким чином після відпалу доевтектоїдна сталь отримує структуру ферит + перліт. При малих збільшеннях перліт виглядає як однорідна складова, фактично ж він складається з ділянок фериту та цементиту пластинчастої форми, які чергуються між собою (рис.5.2, а). Найбільш розповсюдженим для деталей із цих сталей є наступний режим відпалу: нагрівання вище температури $A_{c1}+30...50^{\circ}\text{C}$ (вище лінії PSK), витримці при цій температурі та наступного повільного охолодження. Відповідно при нагріванні заевтектоїдна сталь має двофазну структуру аустеніт і цементит вторинний. В процесі охолодження до



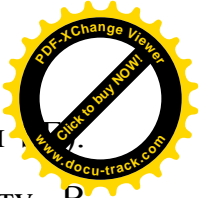
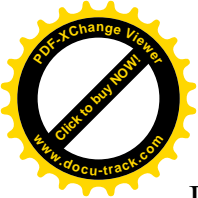
температури A_{r1} із аустеніту виділяється цементит за рахунок концентрація вуглецю в аустеніті знижується до 0,8%. При температурі A_{r1} починається розпад аустеніту з утворенням перліту. За рахунок дуже повільного охолодження в області нижче температури A_{r1} відбувається сфероїдизація цементиту (надлишкового та в складі перліту). В результаті після відпалу заевтектоїдна сталь має структуру зернистий перліт, яка в такому структурному стані найкраще оброблюється різальним інструментом.

При термічній обробці вуглецевих доевтектоїдних сталей різновидом відпалу є **нормалізація**, при якій сталь нагрівається до температури $A_{c3}+30...50^{\circ}\text{C}$, але після витримки охолоджується на спокійному повітрі. Мета нормалізації – виправлення литої структури, структури перегріву, усунення цементитної сітки і частково для зняття внутрішніх напружень. В результаті нормалізації доевтектоїдні сталі мають структуру фериту та перліту, але перліт має більш дисперсну будову ніж після відпалу. Така структура називається **сорбітом** (рис.5.2, б).



Продукти перетворення аустеніту та їх твердість HRC	Р
Перліт 10	ис.
Сорбіт 20	5.1.
Троостит 30	Діаграм
	а
	ізоте
	рміч
	ного
	пере
	твор
	ення
	ауст
	еніт

у для доевтектоїдної сталі



Заевтектоїдні сталі для нормалізації нагрівають вище точки A_{cm} (лінія). При цьому при нагріванні сталь отримує однофазну структуру аустеніту. В процесі охолодження при переході через точку A_{cm} із аустеніту починає виділятися цементит. В умовах підвищеної швидкості охолодження цементит виділяється у вигляді пластин у тілі зерна, а не у вигляді цементитної сітки по границям зерен, як це має місце при повільному охолодженні.

Порушення режиму відпалу та нормалізації приводить до утворення структур, які не забезпечують основної мети цих операцій. Нагрівання вище оптимальної температури відпалу, наприклад для доевтектоїдної сталі на 100–200°C вище A_{c3} , а для заевтектоїдної – вище A_{cm} , приводить до укрупнення аустенітних зерен з наступним утворенням більш крупних колоній перліту (росте розмір перлітного зерна). Одночасно по границям зерен перліту виділяється в доевтектоїдній сталі феритна фаза, а в заевтектоїдній – цементитна.

В тому випадку коли перегрів супроводжується прискореним охолодженням, що особливо характерно для нормалізації, ферит в доевтектоїдних сталях виділяється у вигляді голок. Такого роду структура називається відманштетова. Така структура найчастіше утворюється в литих виробках, зварних з'єднаннях, поковках. Сталі, в яких утворилася відманштетова структура, або структура перегріву характеризуються зниженою пластичністю, ударною в'язкістю. Для виправлення такого роду структур вироби повторно піддають відпалу або нормалізації.

Гартування – термічна операція, яка полягає в нагріванні вуглецевої сталі вище критичної температури, витримці й швидкому охолодженні в воді або маслі. Мета гартування – підвищення характеристик міцності, твердості зносостійкості. Найбільш розповсюдженим режимом гартування є: для доевтектоїдних сталей нагрівання до $A_{c3}+30...50^{\circ}\text{C}$, евтектоїдних та заевтектоїдних $A_{c1}+30...50^{\circ}\text{C}$).

За діаграмою залізо-цементит видно, що при нагріванні під гартування доевтектоїдна сталь має однофазну аустенітну структуру, а заевтектоїдна – двофазну – аустеніт і цементит вторинний.

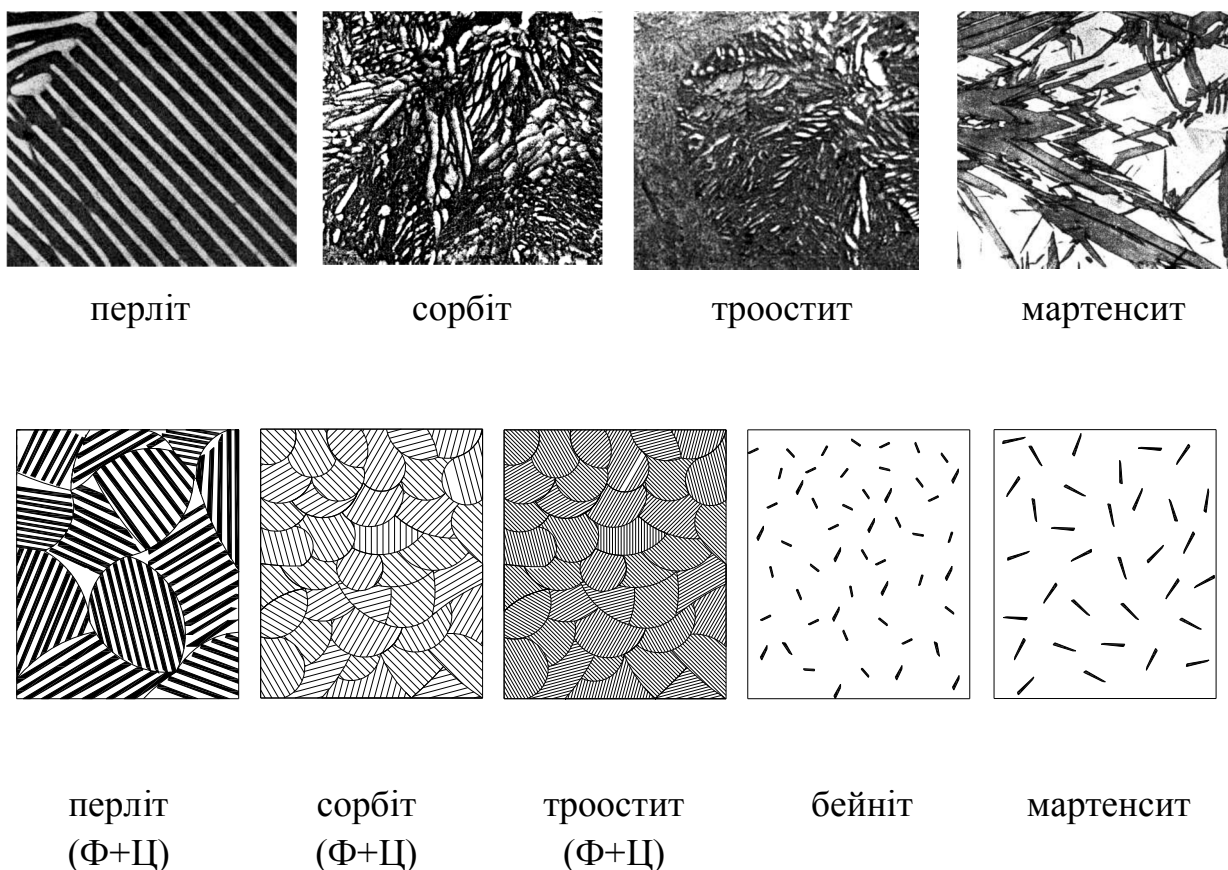
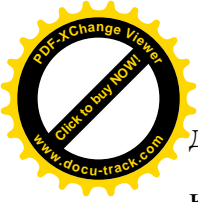


Рис. 5.2. Мікроструктури та схеми продуктів перетворення аустеніту, x200

При охолодженні доєвтектоїдної сталі з аустенітного стану зі швидкістю рівною або більше критичної ($V_{кр}$ або V_5 рис.5.1) температура сталі знижується настільки швидко, що виділення фериту та утворення перліту шляхом дифузійного розпаду аустеніту не встигає відбутися. В результаті відбувається перебудова кристалічної решітки $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \alpha\text{-Fe}$ по бездифузійному механізму, яке носить зсувний характер і практично реалізується при температурі 300°C та нижче. При цьому вуглець, який входить до складу переохолодженого аустеніту не виділяється із решітки і утворюється – перенасичений твердий розчин вуглецю в альфа–залізі – **мартенсит гартування**. Таким чином, в пересиченому твердому розчині на основі $\alpha\text{-Fe}$ вуглецю міститься в багато разів більше ніж у рівноважному стані. Відповідно кубічна об’ємноцентрована решітка $\alpha\text{-Fe}$ спотворюється – витягується у напрямі одного ребра і приймає форму тетрагональної призми. Відношення довжини витягнутого ребра c до

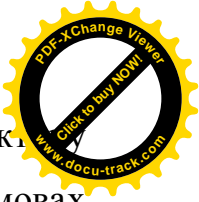


довжини неспотвореного ребра a характеризує ступінь тетрагональності кристалічної решітки. Останній прямо пропорційний концентрації вуглецю. Мартенсит характеризується високою твердістю (50–62 HRC) і міцністю, зниженою пластичністю і підвищеною крихкістю. Будова кристалів мартенситу пластинчаста, а в площі шліфа має вид голок, розміщених під кутами 60 та 120° (рис.5.2, г).

Мартенситне перетворення протікає в інтервалі температур $M_{\text{п}}-M_{\text{к}}$, де $M_{\text{п}}$ – температура початку мартенситного перетворення, а $M_{\text{к}}$ – температура кінця мартенситного перетворення. Рівень температур $M_{\text{п}}$ і $M_{\text{к}}$ знижується із збільшенням вмісту вуглецю в сталі. При концентрації вуглецю у вуглецевій сталі більше 0,6% точка $M_{\text{п}}$ знижується нижче 0°C. У зв'язку з цим у загартованій сталі при кімнатній температурі зберігається певна кількість так званого *залишкового аустеніту*.

При гартуванні заевтектоїдних сталей, які мають в момент нагрівання структуру аустеніту та цементиту вторинного, в процесі охолодження перетворюється тільки аустеніт. Після гартування заевтектоїдні сталі мають структуру мартенситу та вторинного цементиту і аустеніт залишковий. Голки мартенситу в заевтектоїдних сталях досить дисперсні, це пов'язано з великим вмістом вуглецю.

При охолодженні сталі з аустенітного стану зі швидкостями менше критичної (V_2, V_3, V_4 , рис.5.1), але вище швидкості, яка забезпечує рівноважний перехід аустеніту в перліт, відбувається перетворення переохолодженого аустеніту з утворенням перлітоутворних структур. Перетворення здійснюється дифузійним шляхом. В результаті перетворення при охолодженні зі швидкостями V_2, V_3 має місце утворення нерівноважних ферито-цементитних сумішей. Швидкість V_4 на першому етапі перетворення (до перетину з променею V_4 з лінією $M_{\text{п}}$) забезпечує дифузійне перетворення частки аустеніту в ферито-цементитну суміш. Чим вище швидкість охолодження в області дифузійного перетворення, тим вище дисперсність ферито-цементитної суміші. За ступенем дисперсності в порядку збільшення розрізняють *сорбіт* з міжпластинчастою відстанню $0,25 \times 10^{-3}$ мм та твердістю 250-300 НВ, і *троостит* з



міжпластинчастою відстанню $0,1 \times 10^{-3}$ мм з твердістю 300–400 НВ. Структура сорбіт гартування вуглецева сталь частіше отримує і при нормалізації в умовах прискороного переохолодження (на повітрі).

Відхилення від оптимального режиму гартування можуть визвати наступні зміни в структурі і властивостях сталі.

Нагрівання доєвтектоїдної сталі до температури вище оптимальної (перегрів) супроводжується ростом зерна аустеніту. При охолодженні із такого стану зі швидкістю більше критичної, формується структура крупногольчатого мартенситу. Сталь, яка має таку структуру характеризується низькою в'язкістю.

Нагрівання при гартуванні до температури нижче оптимальної, наприклад нагрівання доєвтектоїдної сталі в діапазоні температур $A_{c1}-A_{c3}$ приводить до того, що сталь отримує в процесі нагрівання структуру фериту та аустеніту. При цьому в результаті охолодження сталі зі швидкістю більше критичної аустеніт перетворюється в мартенсит, а ферит так і залишається без перетворення. Остаточно сталь отримує структуру мартенситу та фериту. У зв'язку з наявністю в структурі м'яких зерен фериту сталь має знижену твердість.

При оптимальній структурі нагрівання доєвтектоїдної сталі, але не достатній швидкості охолодження (V_4 рис.5.1), наприклад у маслі, відбувається часткове перетворення аустеніту в мартенсит, а часткове у ферито-цементитну суміш – троостит. Оскільки троостит має меншу твердість ніж мартенсит, то і загальна твердість сталі після гартування знижується.

5.2. Порядок виконання роботи

1. Одержати один відпалений зразок і п'ять зразків сталі 45 у стані поставки.
2. Визначити параметри термічної обробки: температуру нагрівання $A_{c3}+30...50^{\circ}\text{C}$, час витримки і середовище охолодження.
3. Завантажити п'ять зразків в піч з температурою $A_{c3}+30...50^{\circ}\text{C}$, витримати й охолодити перший зразок зі швидкістю, яка відповідає нормалізації, другий – гартуванню в маслі та останні три – гартуванню у воді (для проведення на наступному занятті трьох видів відпускання).

4. На всіх термічно оброблених зразках пошліфувати торці (зняти окалин), визначити твердість на твердомірі ТК–2. Одержані дані занести до табл.5.1.

5. Вивчити і замалювати схеми мікроструктур зразків сталі 45 після термічної обробки.

6. Зробити висновки про вплив швидкості охолодження на властивості сталі 45.

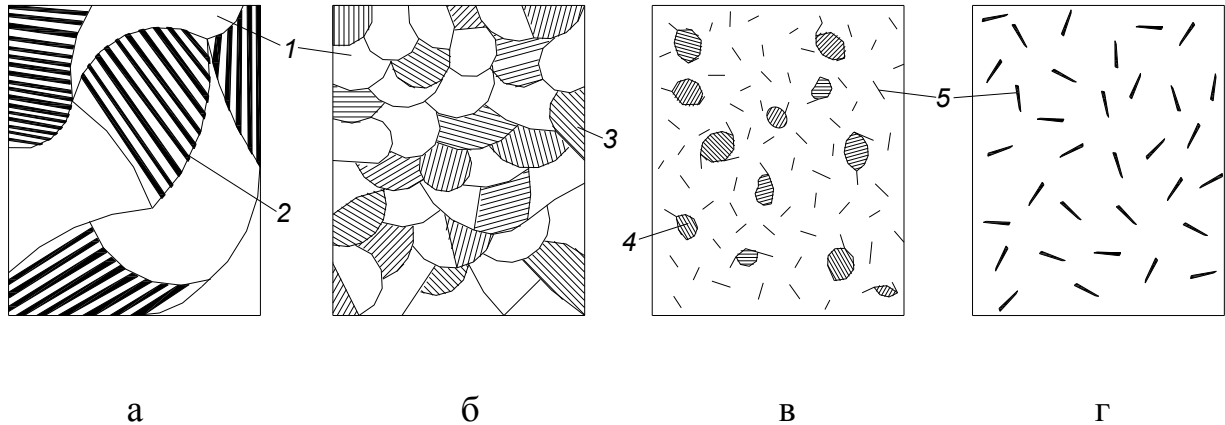


Рис. 5.3. Схеми мікроструктур доєвтектоїдної сталі 45 після відповідних видів термічної обробки:

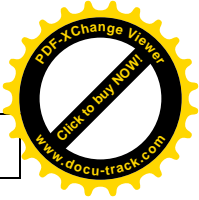
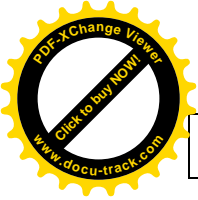
а – відпал; б – нормалізація; в – гартування в масло; г – гартування в воду.

1 – ферит; 2 – перліт; 3 – сорбіт; 4 – троостит; 5 – мартенсит.

Таблиця 5.1

Дані визначення твердості сталі 45 після відповідних видів термічної обробки

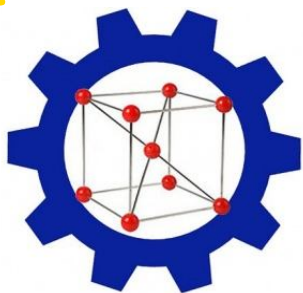
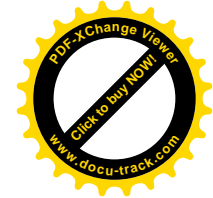
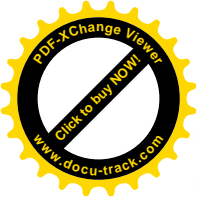
Номер зразка	Вид термічної обробки	Температура нагрівання, °С	Час витримки	Охолоджуюче середовище	Число твердості		
					HRC	HRB	HB, МПа
1	Відпал			Піч			
2	Нормалізація			Повітря			
3	Гартування			Масло			
4	Гартування			Вода			
5	Гартування			Вода			



6	Гартування			Вода			
---	------------	--	--	------	--	--	--

Контрольні запитання

1. Термічна обробка та її параметри.
2. Критичні точки сталей.
3. Визначення структур розпаду аустеніту: перліту, сорбіту, трооститу та мартенситу.
4. Визначення видів термічної обробки (відпалу, нормалізації та гартування) та їх мета.



Частина I

БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Лабораторна робота № 6

ВІДПУСКАННЯ ЗАГАРТОВАНОЇ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

Мета роботи – вивчити вплив температури відпускання на мікроструктуру і властивості загартованої вуглецевої сталі 45.

6.1. Основні положення і зміст роботи

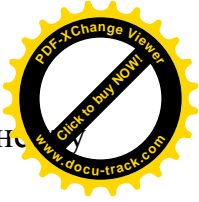
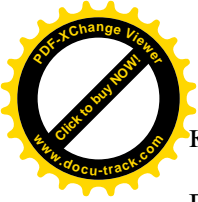
Відпусканням називається термічна операція, яка складається з нагрівання *загартованої* сталі до температури нижче критичної точки A_{c1} , витримки та охолодження.

Сталь після загартування має нестійку нерівноважну напружену структуру мартенситу, що має підвищену крихкість.

Мета відпускання – зняття внутрішніх напружень і надання сталям певних властивостей.

Розрізняють три види відпускання: низько-, середньо- і високотемпературне.

Низькотемпературне відпускання для вуглецевих сталей виконується в інтервалі температур 120...200°C. Це відпускання знижує внутрішні напруження в сталі при збереженні високої твердості (58–63 HRC). Після низькотемпературного відпускання загартована на мартенсит сталь має структуру *мартенсит відпускання*. При цьому дифузійні процеси полегшуються, частково вуглець дифундує з кристалічної решітки мартенситу і утворює з залізом метастабільний G-карбід. Ступінь тетрагональності



кристалічної решітки мартенситу відпускання значно менший ніж мартенс гартування.

Низькотемпературне відпускання використовується переважно для інструментів з вуглецевих і низьколегованих сталей, а також для деталей, які підлягають поверхневому гартуванню, цементації і нітроцементації, до яких пред'являють високі вимоги по твердості і зносостійкості.

Середньо температурне відпускання для вуглецевих сталей виконується в інтервалі температур 300–450°C. При цих температурах завершується дифузія вуглецю з кристалічної решітки мартенситу й утворюється ферит та стабільний карбід Fe_3C . В результаті утворюється структура, яка складається з фериту та дрібних сферичних часток карбідів. Така структура отримала назву *троостит відпускання*. Твердість загартованої сталі при цьому знижується до 40–50 HRC, межа пружності досягає максимальної величини. Середньому відпусканню підлягають ресори, пружини і ударні інструменти.

Високотемпературне відпускання для вуглецевих сталей виконується в інтервалі температур 500...650°C. Цей вид відпускання зв'язаний з коагуляцією карбідів. В результаті утворюється ферито-цементитна суміш – *сорбіт відпускання*. Твердість загартованої сталі знижується до 250–350 НВ, міцність зменшується в 1,5–2 рази, пластичність і в'язкість збільшуються в декілька разів, внутрішні напруження повністю знімаються. Подвійна обробка типу «гартування + високотемпературне відпускання» називається **поліпшенням**. Поліпшена сталь в порівнянні з відпаленою або нормалізованою має більш високі показники міцності, пластичності і в'язкості. Поліпшенню піддають вироби з конструкційних сталей марок 40, 45, 40X, 40XНМ, 40XМФ тощо (піввісі, колінчасті вали, шатуни, поворотні кулаки, важелі, балки передніх осей вантажних автомобілів, а також болти, гайки, гвинти тощо), які сприймають значні ударні та знакозмінні навантаження.

Троостит та сорбіт відпускання за фазовим складом аналогічні структурам гартування та нормалізації, але відрізняються від них тим, що мають зернисту, а не пластинчасту форму.



6.2. Порядок виконання роботи

1. Одержати раніше загартовані три зразки сталі 45.
2. Покласти по одному зразку в термостат з температурою 200°C і муфельні печі з температурою 400 та 600°C для здійснення низько-, середньо- та високотемпературного відпускання. Час витримки при відпусканні 30 хв.
3. Після відпускання зняти окалину з торців зразків шліфуванням і заміряти твердість по Роквеллу на приладі ТК-2. Одержані результати занести в табл.6.1.
4. За результатами вимірювання твердості побудувати графік впливу температури відпускання на твердість загартованої сталі 45.
5. Зробити висновки про вплив температури відпускання на структуру і властивості загартованої сталі.

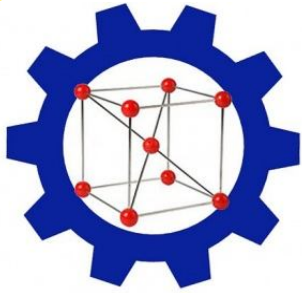
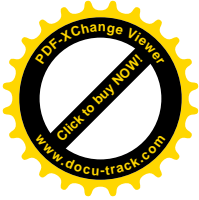
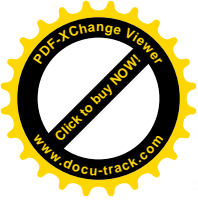
Таблиця 6.1

Визначення твердості сталі 45 після відповідних видів відпускання

Номер зразка	Вид відпускання	Температура відпускання, °C	Твердість HRC		мікроструктура
			після гартування	після відпускання	
1	низькотемпературне	200			
2	середньотемпературне	400			
3	високотемпературне	600			

Контрольні запитання

1. Що таке відпускання? Мета, призначення.
2. Види відпускання. Температура, структура властивості і призначення.
3. Що таке поліпшення?
4. Різниця між ферито-карбідними сумішами, що одержуються при нормалізації та гартуванні і при відпусканні?



Частина I

БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Лабораторна робота № 7

КЛАСИФІКАЦІЯ, МАРКУВАННЯ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ І СПЕЦІАЛЬНИХ СПЛАВІВ

Мета роботи – ознайомитися із класифікацією, маркуванням легованих сталей, вміти розшифрувати марку сталі чи сплаву.

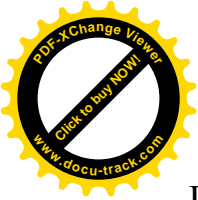
7.1. Основні положення і зміст роботи

Усі сталі можна поділити на *вуглецеві і леговані*.

Вуглецеві сталі різко знижують пластичність і в'язкість із збільшенням вмісту вуглецю, який, однак, підвищує їх твердість.

Загартовані різальні інструменти, виготовлені з вуглецевої інструментальної сталі, не витримують високої швидкості різання, тому що різко втрачають твердість, нагріваючись під час роботи до температури 200 °С. Отже, вуглецева сталь часто не відповідає вимогам відповідального машинобудування та інструментального виробництва. У таких випадках застосовують леговану сталь.

Легованою називається сталь, яка містить в собі крім заліза, вуглецю та постійних домішок, легуючі елементи, які змінюють її механічні, фізичні та хімічні властивості. Для легування сталі застосовують хром, нікель, марганець, кремній, вольфрам, молібден, ванадій, кобальт, титан, алюміній, мідь та інші елементи. Марганець вважається легуючим елементом лише при вмісті його в сталі понад 1 %, а кремній – понад 0,8 %.



Для позначення легуючих елементів узяті такі літери: Х – хром, Н – нікель, Г – марганець, С – кремній, В – вольфрам, М – молібден, Ф – ванадій, К – кобальт, Т – титан, Ю – алюміній, Д – мідь, П – фосфор, Р – бор, Б – ніобій, А – азот, Е – селен, Ц – цирконій, Ч – рідкоземельні метали (лантан та ін.).

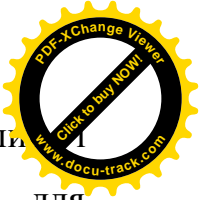
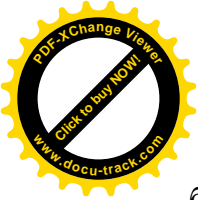
Леговані сталі класифікують за такими ознаками:

1. *За основним легуючим елементом:* хромисті; молібденові; нікелеві; хромонікелеві та ін.
2. *За сумарною кількістю легуючих елементів в сталі:* низьколеговані (до 2,5 %); середньо леговані (від 2,5 % до 10 %); високолеговані (понад 10 %).
3. *За структурою після відпалювання:* доєвтектоїдні; евтектоїді; заєвтектоїдні; ледебуритні.
4. *За структурою після нормалізації:* перлітного класу; аустенітного класу; мартенситного класу; феритного класу; ледебуритного класу (карбідного).
5. *За призначенням:* конструкційні сталі; інструментальні сталі; сталі з особливими фізико-хімічними властивостями.

Легуючі елементи сталі по-різному взаємодіють із залізом і вуглецем. При цьому, легуючі елементи по-різному впливають на стійкість аустеніту. Одні легуючі елементи роблять аустеніт стійким навіть при кімнатній температурі (такі сталі є аустенітними). Інші, навпаки, можуть зовсім усунути аустенітні перетворення, тому аж до плавлення сталь залишається феритною. Аустенітні і феритні сталі гартування не приймають. Залежно від вмісту легуючих елементів при охолодженні сталі на повітрі може утворитися структура аустеніту, мартенситу, перліту, фериту та ледебуриту. Відповідно до цього сталь поділяють на класи: аустенітний, мартенситний, перлітний, феритний і ледебуритний (карбідний). Наявність карбідного класу характерна для сталі, легованої карбідоутворюючими елементами (наприклад, для виготовлення інструменту).

Класифікація та маркування легованої сталі за призначенням

Залежно від призначення леговані сталі поділяють на *конструкційні, інструментальні і сталі з особливими фізико-хімічними властивостями.*



Конструкційні сталі застосовують для виготовлення деталей машин і будівельних конструкцій. Інструментальні сталі застосовують для виготовлення різальних, вимірювальних, штампових та інших інструментів.

До сталей з особливими властивостями належать нержавіючі, жаростійкі, зносостійкі, з особливими магнітними та електричними властивостями і т. ін.

Конструкційну леговану сталь маркують таким чином: перші дві або три цифри показують вміст вуглецю в сотих долях відсотка, літери – наявність відповідних легуючих елементів; а цифри, що стоять за літерами – процентний вміст цих елементів у сталі. Якщо після якоїсь літери немає цифри, то це означає, що сталь містить даний елемент у кількості до 1 %. Наприклад, марка 40Х означає конструкційну сталь, що містить 0,40 % вуглецю і до 1 % хрому. Літера Л в кінці будь-якої марки сталі означає, що ця сталь ливарна, тобто деталі з цієї сталі одержують литтям. Якщо сталь високоякісна, то в кінці марки сталі додають літеру А (наприклад, 30ХГСА). Якщо при маркуванні сталі літера А стоїть в середині марки, то сталь легована азотом. Треба пам'ятати, що коли літера А стоїть на початку марки сталі (наприклад, А20), це означає, що сталь автоматна. Деталі з цієї вуглецевої сталі виготовляють на верстатах-автоматах і щоб полегшити зняття стружки і виготовити гладку поверхню при обточуванні на верстаті, допускається підвищений вміст фосфору (до 0,15 %) і сірки (до 0,20 %).

Інструментальну леговану сталь маркують таким чином: кількість вуглецю (в десятих частках відсотка) зазначається однією цифрою – 9ХС. Якщо першої цифри немає, то це означає, що сталь містить вуглецю близько 1 % – ХВГ. Далі порядок маркування за легуючими елементами такий, як і для легованої конструкційної сталі.

Деякі сталі спеціального призначення мають особливе маркування з літер, що ставляться спереду: А – автоматна, Ш – шарикопідшипникова, Р – швидкорізальна, Е – електротехнічна сталь, Є – магнітна.

Леговані сталі бувають тільки якісними (вміст шкідливих домішок не перевищує 0,04 % фосфору і 0,04 % сірки) і високоякісними ($P \leq 0,03 \%$, $S \leq 0,03 \%$).

Нестандарті сталі маркують літерами ЕД і ЕП, та номерами. Це означає, сталь виплавлена на заводі “Електросталь” (літера Е), дослідна (літера Д), або пробна (літера П).



а – 60С2А



б – ШХ15СГ

Рис. 7.1. Мікроструктура конструкційних сталей

Леговані сталі бувають тільки якісними (вміст шкідливих домішок не перевищує 0,04 % фосфору і 0,04 % сірки) і високоякісними ($P \leq 0,03 \%$, $S \leq 0,03 \%$).

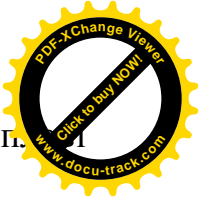
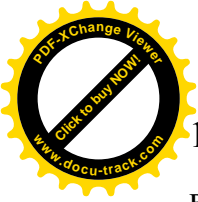
Нестандарті сталі маркують літерами ЕД і ЕП, та номерами. Це означає, що сталь виплавлена на заводі “Електросталь” (літера Е), дослідна (літера Д), або пробна (літера П).

Номер означає черговий номер запису марки сталі у заводському журналі (наприклад, сталь ЕП276 або ЕД269).

Шарикопідшипникові сталі маркують великою літерою Ш, за якою вказують легуючий елемент – хром. Цифра, або цифри за літерою Х означають вміст хрому в десятих частках відсотка, а не в цілих відсотках. Це виняток з правила і це треба пам’ятати (наприклад, ШХ6, ШХ15. Цифри 6 та 15 – це 0,6 % та 1,5 % хрому відповідно).

Сталі з особливими властивостями

Багато машин мають деталі, до яких ставляться особливі вимоги щодо фізичних та хімічних властивостей: опір корозії і дії хімічних агресивних середовищ – нержавіюча сталь (наприклад, 30Х13), жароміцність (наприклад, 45Х15НІ4В2Н), жаростійкість (наприклад, 40Х9С2), зносостійкість (наприклад,



110Г13Л), особливі магнітні властивості (наприклад, ЕХ3), особливі теплові властивості (наприклад, Н36).

Швидкорізальну сталь маркують літерою Р, за якою йде цифра, чи цифри, які вказують на вміст основного легуючого елемента – вольфраму у цілих відсотках. Далі порядок маркування за легуючими елементами такий, як і для легованих конструкційних сталей (наприклад, Р18К5Ф2 – швидкорізальна, легована інструментальна сталь, яка містить 18 % вольфраму, 5 % кобальту та 2 % ванадію).

Тверді інструментальні сплави

Твердими інструментальними сплавами називають металокерамічні сплави, основною складовою частиною яких є карбіди вольфраму, титану та танталу. Кобальт використовують як сполучний матеріал. Ці сплави застосовують у вигляді пластинок до різального інструменту.

Тверді інструментальні сплави поділяють на 3 групи:

- 1) *карбидовольфрамові* (ВК2, ВК3, ВК6, ВК8 та ін.);
- 2) *карбidotитанові* (Т5К10, Т15К8, Т15К6, Т30К4 та ін.);
- 3) *карбidotитанотанталові* (ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ20К9 та ін.).

Маркують тверді інструментальні сплави таким чином:

ВК2 – карбидовольфрамовий твердий сплав, який містить 2 % кобальту, решта (98 %) – карбід вольфраму;

Т5К10 – карбidotитановий твердий сплав, який містить 10 % кобальту, 5 % карбідів титану, решта (85 %) – карбід вольфраму;

ТТ7К12 – карбidotитанотанталовий твердий сплав, який містить 12 % кобальту, 7 % карбідів титану і танталу (разом), решта (81 %) – карбід вольфраму.

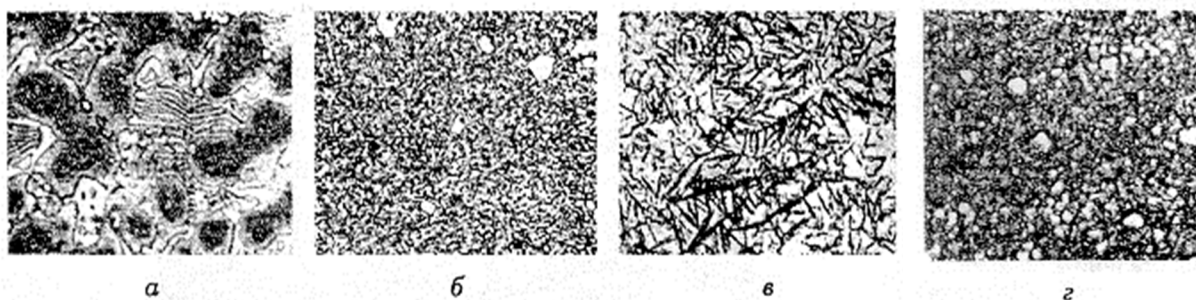


Рис. 7.2. Мікроструктура швидкорізальної сталі P18:

а – у литому стані; б – після відпалювання; в – після гартування;
г – після гартування та трикратного відпускання при 560 °С.

Оснащення робочого місця.

- ◆ Металографічний мікроскоп.
- ◆ Колекція мікрошліфів.
- ◆ Альбоми та стенди з фотографіями мікроструктур легованих сталей.
- ◆ Варіанти індивідуальних завдань до лабораторної роботи.

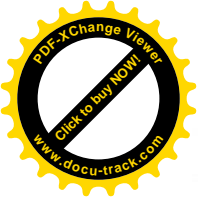
7.2. Порядок виконання роботи

1. Вказати, які літерні позначення легуючих елементів використовуються у маркуванні сталі.
2. Замалювати, розглядаючи під мікроскопом, мікроструктури легованих сталей.
3. Привести основні види конструкційних, інструментальних, нержавіючих, зносостійких сталей і сплавів.
4. Розшифрувати і записати розшифровку марок легованих сталей за індивідуальним варіантом завдання.
5. Привести марки матеріалів, які використовуються для виготовлення основних деталей автомобілів, тракторів і сільськогосподарських машин.

Контрольні запитання

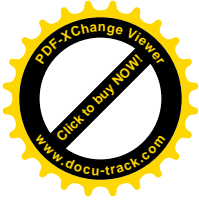


1. Як класифікують леговані сталі?
2. Як маркують леговані сталі?
3. Галузь застосування легованих сталей.
4. Як класифікують інструментальні сталі і сплави?
5. Що такі тверді інструментальні сплави? Галузь їх застосування.
6. Як маркують сталі та сплави з особливими властивостями?



Частина II

ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА



Лабораторна робота № 8

ВИПРОБУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФОРМУВАЛЬНИХ І СТЕРЖНЕВИХ СУМІШЕЙ.

Мета роботи – ознайомитись з методом визначення властивостей формувальних і стержневих сумішей, які застосовуються у разових піщано-глинистих формах.

8.1. Основі положення і зміст роботи

Для виготовлення форм і стержнів застосовують формувальні і стержневі суміші, які складаються як із свіжих матеріалів, так і з старої або горілої, відпрацьованої землі, отриманої після вибивання залитих форм.

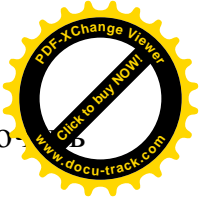
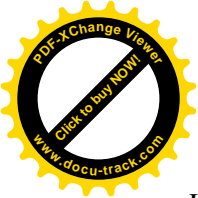
Для отримання якісного вилівка формувальні-стержневі суміші повинні мати такі властивості:

1) пластичність – властивість сумішей деформуватися без порушення цілісності при їх ущільненні під час формування і стійко зберігати чіткий відбиток моделі;

2) міцність – зв'язаність суміші, яка необхідна для збереження цілісності і правильності розмірів форм при її транспортуванні і при впливові на неї тиску металу, який заливається;

3) газопроникність – властивість суміші пропускати через себе, завдяки пористості, гази, які виділяються при взаємодії суміші з рідким металом, і з самого рідкого металу при його охолодженні;

4) вогнетривкість – здатність протистояти розм'якшенню і оплавленню при зіткненні суміші з гарячим металом;



5) не пригоріти до виливка для запобігання виникнення твердих включень на поверхні затверділого металу, які погіршують його обробку різанням;

б) довговічність – властивість суміші зберігати свої якості при повторному використанні.

Пластичність, міцність, газопроникність залежить від домішок спеціальних речовин, які пов'язують частки піщано-глинистої суміші в єдину масу. Такими зв'язуючими речовинами є синтетичні смоли, рідке скло та ін. Таку ж роль у так званих сухих формах відіграє і вода, яка використовується у сирих піщано-глинистих формах, які дуже широко застосовуються в умовах серійного і індивідуального виробництва завдяки своїй універсальності і відносно невеликим первинним витратам. Для забезпечення достатньо високих властивостей вологість формовочної суміші для таких форм повинна складати 4,5...5,5%.

Для виготовлення сирих піщано-глинистих форм визначають: вологість, газопроникність, міцність формовочної суміші на стискання і міцність сухої стержневої суміші на розрив.

Відбір проб формувальних сумішей. Випробовування властивостей сумішей проводять на зразках – пробах, взятих з виготовлених для формовки піщано-глинистих зволжених сумішей. Склад проб повинен в максимальному ступені відповідати середньому складу всієї приготовленої суміші.

Одержання проби починається з відбору зразків суміші, які знаходяться у формовочному ящику, з п'яти різних точок, які розміщені по кутах ящика, а в його центрі – спеціальний короб. Зібрана суміш перемішується і для подальшого усереднення зразків поступає у відбірник проб (рис. 8.1.). Відбірник складається з стійки 3, яка служить для підвішування дільника 2, в якому є вісімнадцять направлених лотків, по дев'ять в кожную сторону.

Матеріал, який підлягає розподілу, засипається в один із коробів 1. Два інших короби ставляться під лотки з обох сторін дільника 2. Відібраний для проби матеріал швидко і рівномірно розподіляється у підставлені під лотки короба. При необхідності подальшого розділення маси зразка ту ж операцію

повторюють з матеріалом одного з коробів до отримання в одному з коробів

потрібної для випробування кількості суміші.

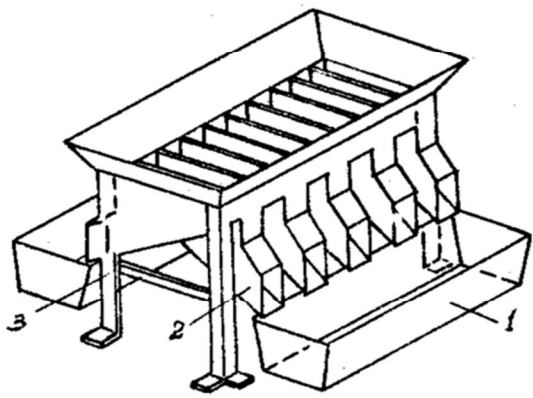


Рис. 8.1. Відбірник проб

станину 1, відлиту разом з двома кронштейнами 2. Вони є направляючими для штоку 3. На штоці насаджений вантаж 4, який піднімають обертанням ексцентрика 5 за допомогою рукоятки 6. На нижньому кінці штоку

Виготовлення стандартного зразка.

Для випробування на вологість, газопроникність і міцність на стискання сирої формувальної суміші застосовують стандартні циліндричні зразки діаметром 50 мм, висотою 50 мм і масою близько 170 г. Виготовляють зразок за допомогою лабораторного копра (рис. 8.2.), який має

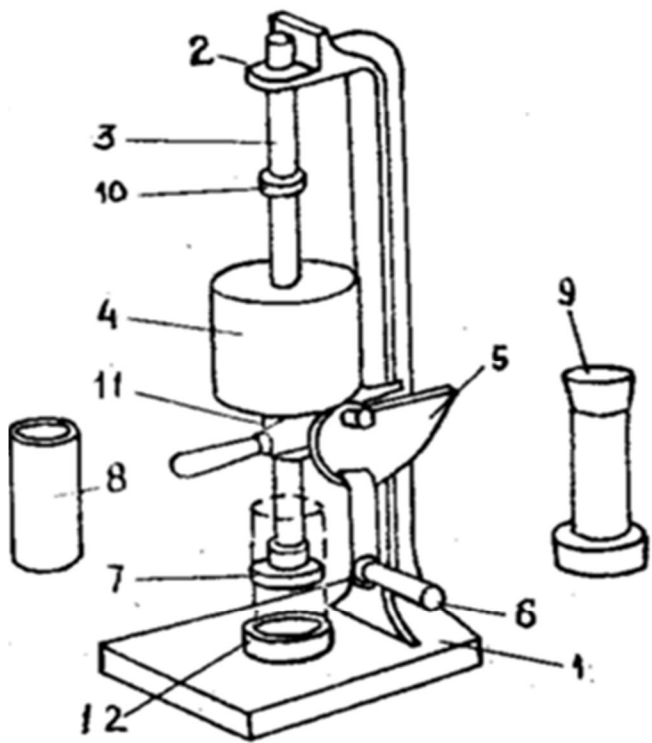
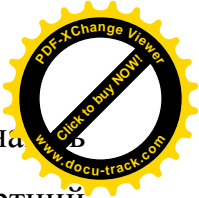
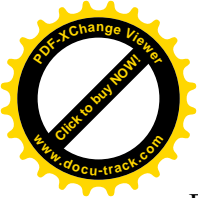


Рис. 8.2. Лабораторний копер

3 є ущільнювач 7. Відважена суміш для зразка засипається в гільзу 8, встановлену на підставці на площадці станини 1. Ущільнення зразка проводиться трьома ударами вантажу 4 при падінні його з крайнього верхнього положення.

Для визначення вологості і міцності зразок видаляють дерев'яним штовхачем 9 з гільзи 8. Для визначення параметру газопроникності гільза із зразком переноситься в прилад.

Визначення вологості сирої формувальної суміші. Для визначення вологості сирої формувальної суміші зразок, отриманий на лабораторному копрі, поміщають у сушильну шафу і витримують в ній при температурі 105 – 110⁰С протягом 40 хв. Втрата маси зразка після сушки, підрахована у відсотках, виражає величину вологості.



Визначення газопроникності формувальної суміші. Визначення

газопроникність на спеціальному приладі пропускаючи через стандартний зразок висотою l (см) і площею поперечного перерізу F (см²) визначений об'єм повітря Q (см³), вимірявши при цьому його тиск P (см.вод.ст.) і час проходження через зразок t (хв). Газопроникність визначають за формулою:

$$K = \frac{Q \cdot l}{F \cdot P \cdot t} \quad (8.1)$$

Для стандартного зразка при $l = 5$ см і $d = 5$ см і кількості повітря, яке пропускається $Q = 2000$ см³

$$K = \frac{509,5}{P \cdot t}$$

Схема приладу показана на (рис. 8.3.). На чавунній основі 1 закріплений бак 2 з трубою 3. Усередині бака розміщується дзвін 4. Дзвін має трубку 5 і рукоятку 8. При опусканні дзвону в бак трубка 5 входить в трубку 3. На поверхні дзвону є відмітки „2000”, „1000”, „0”, „X”. Зверху дзвону 4 лежить знімний вантаж 6, маса якого 0,23 кг. До початку випробування в бак 2 наливають воду і в неї опускають дзвін 4.

Повітря, яке знаходиться в дзвоні, через отвір в трубці 5, а далі через трубку 3 і трипозиційний кран 9 поступає в гільзу 10 із зразком 11, закріплену в чашці затвора 12. Кран 9 регулює напрямок руху повітря:

- при положенні крана „Закрито” повітря з-під дзвону не виходить;
- при положенні крана „Відкрито” повітря випускається з приладу в атмосферу;
- при положенні крана „Випробування” повітря прямує через повітропровід в гільзу під зразок. В чашці затвора 12 на кінці повітропроводу є нарізка, в яку вкручують калібрований ніпель 13 з отвором 0,5 мм або 1,5 мм.

Порожнина в чашці затвора під дослідним зразком (між стінками гільзи 10) сполучена повітропроводом 15 з водним манометром 17. Воду випускають з бачка манометра через зовнішній отвір 18, заповнення манометра водою проводять через отвір 15. Тиск фіксують за допомогою шкали 16. Установку

приладу в горизонтальне положення проводять за допомогою трьох монтажних гвинтів.

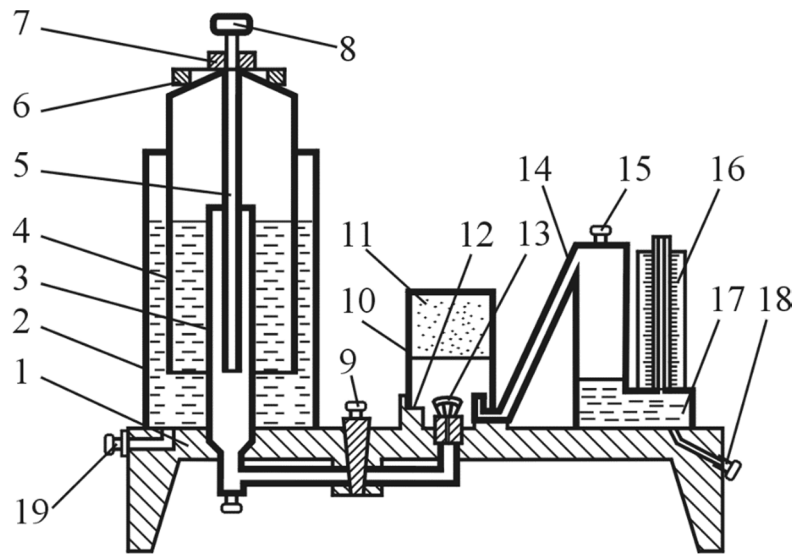


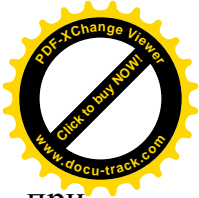
Рис. 8.3. Прилад для визначення газопроникності формованої суміші:

1 – основа; 2 – бак; 3 – труба; 4 – дзвін; 5 – трубка; 6,7 – вантажі; 8 – рукоятка; 9 – трипозиційний кран; 10 – гільза, 11 – зразок; 12 – чашка затвора; 13 – ніпель; 15 – повітропровід; 15 – отвір для заливання води; 16 – шкала манометра; 17 – манометр; 18, 19 – зливні канали.

Нормальний метод. Визначення газопроникності проводять без додаткового вантажу на дзвоні і без ніпеля на кінці повітропроводу.

Порядок операцій наступний.

1. Приготувати секундомір.
2. Поставити кран в положення „Відкрито”, плавно підняти дзвін до збігання відмітки „Х” з верхньою кромкою бака і поставити кран в положення „Закрито”.
3. Встановити на пробку затвора гільзу із дослідним зразком із формувальної або стрижневої суміші.
4. Поставити кран в положення „Випробування” і у момент проходження дзвоном відмітки „0” увімкнути секундомір.
5. У момент проходження дзвоном відмітки „1000” зафіксувати показ водного манометра.
6. У момент проходження дзвоном відмітки „2000” зупинити секундомір.



7. Розрахувати газопроникність за формулою (8.1).

Прискорений метод. Визначення газопроникності проводять при встановленому на дзвін вантажі та з додатковим опором – ніпелем з отвором діаметром 1,5 або 0,5 мм.

Примітка. Ніпель діаметром 1,5 мм застосовують тільки при випробуванні сумішей з газопроникністю більше 49 од., а ніпель з отвором діаметром 0,5 мм – при випробуванні сумішей з газопроникністю менше 49 од.

Порядок визначення газопроникності наступний.

1. Поставити кран в положення „Відкрито”, плавно підняти дзвін на довільну висоту і поставити кран в положення „Закрито”.
2. Одягнути гільзу із дослідним зразком на гумову пробку затвора.
3. Поставити кран в положення „Випробування” і при опусканні дзвону зафіксувати покази манометра.

Примітка. При відкритті крана в перший момент стовпчик води в манометрі піднімається на максимальну висоту, а потім повільно знижується. Необхідно зафіксувати максимальне значення тиску, яке відповідає моменту відкриття крана.

4. Газопроникність визначити за однією з двох таблиць, закріплених на баку, в залежності від діаметра використаного ніпелю.

Порядок виконання роботи

1. В трьох стандартних гільзах з внутрішнім діаметром 50 мм заввишки 120 мм за допомогою лабораторного копра провести стандартне ущільнення (трьома ударами копра) зразків. Зразки з гільз не витягувати.

2. Визначити газопроникність кожного зразка нормальним і прискореним методами. Результати занести до табл. 8.1.

Газопроникність сумішей залежить від їх зернової структури, глинистої складової і вологості, а необхідна її величина – від виду і розмірів відливок.

Орієнтовні межі газопроникності:

- для кольорового лиття 10...60;
- для дрібного чавунного лиття 20...80;

- для середнього чавунного лиття 60...100.

Визначення міцності на стиснення формувальної суміші.

Міцність сирих формувальних матеріалів характеризується величиною їх опору стисканню у кілограм-силах на сантиметр квадратний.

Прилад для випробування на стискання (рис. 8.4.) складається з важеля 7, на одному кінці якого закріплений вантаж 8, а на іншому кінці закріплена підставка 11, яка служить для установки стандартного зразка. Притискач 12 притискає зразок до підставки. Опора важеля розміщена на рухомій каретці 4. Пересування каретки вліво, збільшуючи плече вантажу, підвищує тиск на зразок. Каретка 4 переміщується обертанням ходового гвинта 2 рукояткою 3. В момент руйнування рух каретки припиняється, і по шкалі, нанесеній на важіль, фіксується зусилля руйнування. При перевірці точності приладу на підставку 11 встановлюють вантаж масою 9,815 кг, а каретка 4 ставиться у положення при показчику 5 на поділці 0,5. При цьому важіль повинен знаходитись в стані рівноваги.

Міцність на стискання формувальних матеріалів сирих форм для чавунного лиття складає $0,3...0,75 \text{ кгс/см}^2$.

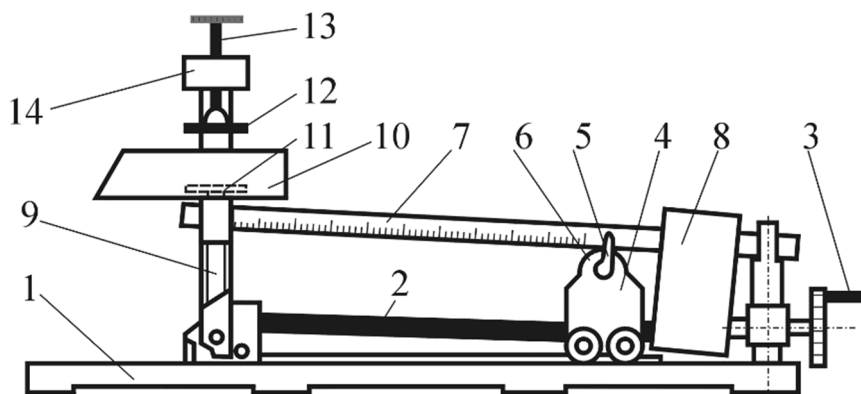
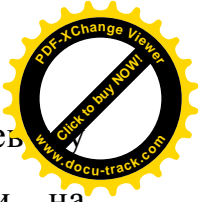
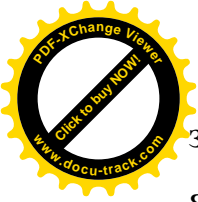


Рис. 8.4. Прилад для випробування на стиснення сирих зразків:

- 1 – станина; 2 – ходовий гвинт; 3 – рукоятка; 4 – каретка; 5 – показчик;
 6 – ролик; 7 – важіль; 8 – вантаж; 9 – тяга; 10 – лоток;
 11 – підставка; 12 – притискач; 13 – гвинт; 14 – траверса.

Випробування на міцність при розтягненні сухих стержневих зразків.

Міцність стержневих сумішей у сухому стані перевіряють на спеціальних



зразках у формі вісімки (рис. 8.5.), які формуються в спеціальному стержневому ящику з наповнюючою рамкою з ущільненням трьома ударами на лабораторному копрі. Після формування зразок надходить у сушку.

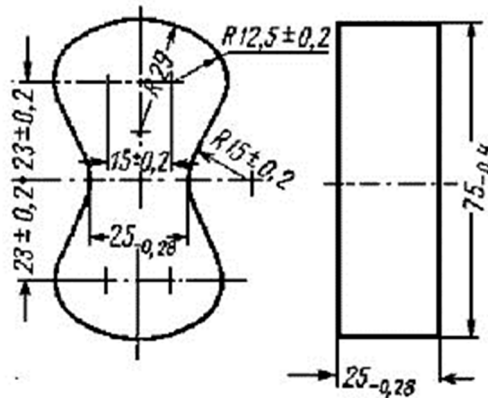
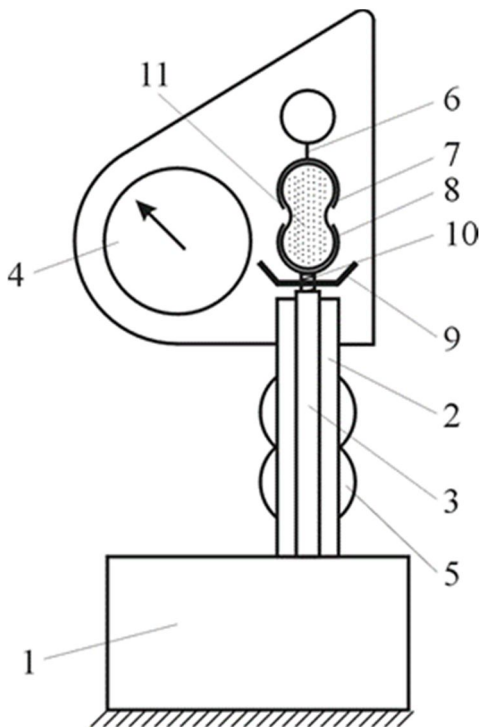


Рис. 8.5. Зразок для випробування на розтяг сухих сумішей

Випробування сухих зразків проводять на розривній машині (рис. 8.6.). На станині 1 приладу змонтовані стійки 2 і 3. З переднього боку стійки 2 розташована радіальна шкала із стрілкою 4, а із зворотного боку – важіль із вантажем 5. Важіль кінематично з'єднаний із сережкою 6, на якій підвішено верхній захват 7. На стійці 3 розташований нижній захват 8 і рукоятка 9. При

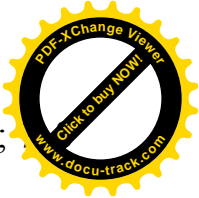
обертанні цієї рукоятки нижній захват може переміщуватися у вертикальному напрямку завдяки гвинтовому пристрою 10, розташованому всередині стійки 3.



Після встановлення зразка 11 у захвати при обертанні рукоятки 9 за годинниковою стрілкою зусилля передається через зразок на верхній захват 7 і далі на важіль, який відхиляється від вертикального положення, при цьому вантаж 5 створює розтягувальне зусилля на зразок. В момент розривання міцність зразка фіксується стрілкою на шкалі

4.

Рис. 8.6. Прилад для випробування на розтяг сухих зразків:



1 – станина; 2, 3 – стійки; 4 – радіальна шкала; 5 – вантаж; 6 – серезка;
– захвати; 9 – рукоятка; 10 – гвинтовий пристрій; 11 – зразок.

Міцність сухих стержневих зразків для чавунного лиття повинна складати $3...9 \text{ кгс/см}^2$, а для кольорового лиття – $3...8 \text{ кгс/см}^2$.

Таблиця 8.1

Результати визначення газопроникності стандартних зразків

Номер зразка	Нормальний метод				Прискорений метод			
	P , см.вод.ст.	t , хв.	Γ , од	, од	діаметр ніпелю, мм	P , см.вод.ст	Γ , од	, од
1								
2								
3								

8. 2. Порядок виконання роботи

Робота проводиться трьома бригадами студентів, які виконують аналогічні операції:

а) ознайомитись з методикою виконання випробувань сирих формувальних сумішей на вологість, газопроникність і міцність на стискання і сухих стержневих зразків на розрив;

б) вивчити будову приладів для виготовлення і випробування зразків;

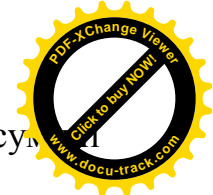
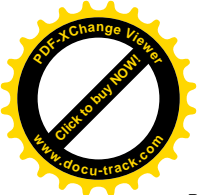
в) відібрати проби для стандартних зразків сирої формувальної суміші на вологість, газопроникність і міцність на стискання, використовуючи відбірник проб;

г) виготовити три стандартних зразка формувальної суміші ущільненням на лабораторному копрі;

д) визначити вологість одного стандартного зразка;

е) визначити газопроникність одного зразка нормальним і прискореним методами;

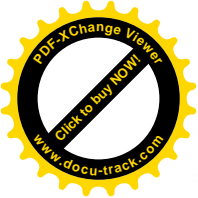
ж) випробувати один зразок формувальної суміші на стискання;



- з) виготовити один зразок – вісімку – з сирі стержневої суміші з ущільненням його на лабораторному копрі і поставити його на сушку;
- і) отримати сухий стержневий зразок – вісімку – і випробувати його на міцність і на розтяг;
- к) отримані трьома бригадами результати випробувань усереднити і зробити висновки про властивості і якість випробуваних сумішей.

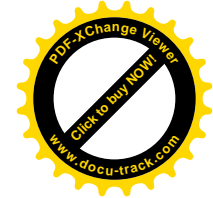
Контрольні запитання

1. Який склад мають формувальні і стержневі суміші, які застосовуються для отримання виливків у сирих разових піщано-глиняних формах?
2. Властивості, які характеризують формувальні стержневі суміші.
3. Як впливає склад і структура сумішей на їх пластичність, міцність і газопроникність?
4. Як відбираються проби для випробування сумішей?
5. Як визначають вологість, газопроникність і міцність на стискання формувальних сумішей?



Частина II

ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА



Лабораторна робота № 9

КОНСТРУЮВАННЯ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТУ ДЛЯ ВИЛИВКІВ У РАЗОВІ ПІЩАНО-ГЛИНИСТІ ФОРМИ

Мета роботи – ознайомитись з принципом проектування модельного комплекту для виливків, отриманих у разових піщано-глиняних формах.

9.1. Основі положення і зміст роботи

Модельний комплект складається з трьох основних компонентів:

- 1) моделі – складової комплекту, яка призначена для отримання відбитку у формі, і яка відповідає зовнішній конфігурації виробу, що відливається, та стержневих знаків;
- 2) стержневого ящика – складової комплекту, яка призначена для формування стержня, який дає можливість отримання у виливку отворів і внутрішніх та зовнішніх порожнин;
- 3) моделі ливарної системи – складової комплекту, призначеної для підводу у порожнину форми рідкого металу і виводу з форми повітря та газів.

Правильна конструкція модельного комплекту багато в чому визначає високу якість виливка, зменшення відходів металу як при литті, так і при наступній механічній обробці.

Проектування моделі. Основою креслення моделі є креслення деталі, для якої призначається виготовлена лита заготовка (виливок). При складанні креслення моделі необхідно мати на увазі відмінність деталі від заготовки і

моделі від вилівка у співвідношенні їх форми і розмірів.

На (рис. 9.1.) показано креслення деталі – втулка з двома фланцями, з наскрізним змащувальним отвором діаметром 8 мм. Втулка має на правому фланці кільцеву канавку. На прикладі цієї деталі далі буде показана методика проектування моделі.

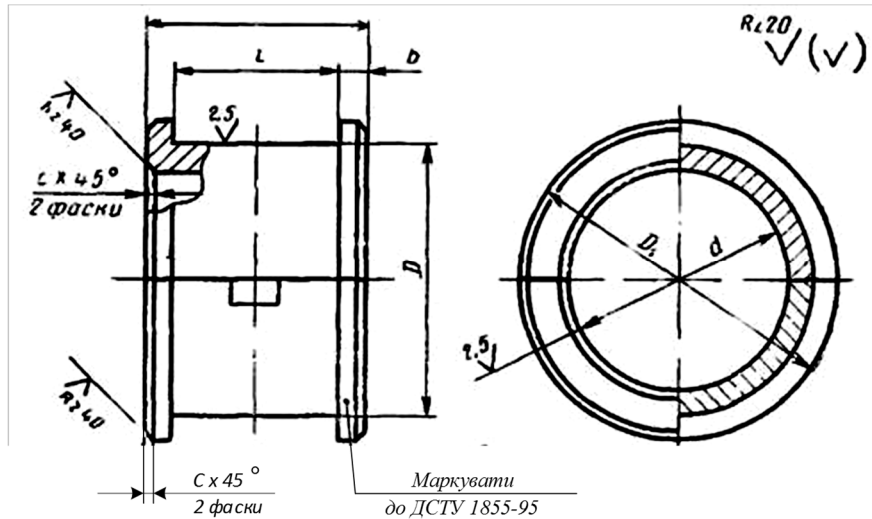


Рис. 9.1. Схема проектування моделі вилівка деталі

Перед проектуванням моделі необхідно вирішити питання про її розташування у формі і роз'ємні моделі, які забезпечують найкращі умови для формування з мінімальною кількістю стержнів і більш якісний вилівок. Для даної деталі таким розташуванням є горизонтальне з розміром моделі по горизонтальній осі симетрії.

Лиття в разову форму не може забезпечити розміри вилівка високої точності і достатньої чистоти поверхні. Тому передбачається збільшення розмірів тих поверхонь, які підлягають обробці різанням. Величина припуску залежить від виду заготовки і способу її отримання, розмірів заготовки, властивостей формувальних матеріалів, матеріалу вилівка і т. д.

Припуск повинен бути мінімальним для підвищення продуктивності при обробці різанням, але достатньо великим для забезпечення високої якості обробленої поверхні.

Припуск залежить також від класу точності лиття. Для вилівоків з чавуну і сталі розрізняють три класи точності. Вилівки у разових піщано-глиняних



формах при ручному формуванні відносяться до третього класу точності, а отже потребує найбільшого припуску на механічну обробку. Рекомендовані розміри для виливків з сірого чавуну наведені у табл. 9.1. у відповідності. Як видно з таблиці, розмір припуску залежить також від розміщення оброблюваної поверхні у формі.

Для даної деталі, яку відливають з сірого чавуну, за третім класом точності, максимальний розмір складає 154 мм, а номінальний – 63 мм. Відповідно, припуск для верхньої поверхні буде дорівнювати 5 мм і для нижньої – 4 мм.

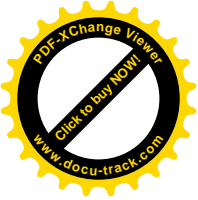
Для спрощення форми вилівка – і тим самим технології формування – дрібні канавки, отвори і т. ін. недоцільно і не економічно виготовляти литтям через складність форм і застосування великої кількості стержнів. Тому передбачаються напуски – об’єми у виливку, які заповнюють рідким металом при заливці і, які видаляються при наступній обробці, наприклад різанням.

Такими об’ємами, які потребують напусків у деталі, що розглядається, є змащувальні отвори і кільцева канавка на правому фланці.

Таблиця 9.1

Припуски на механічну обробку для виливок з сірого чавуну для третього класу точності (ДСТУ 1855-95)

Найбільший габаритний розмір деталі, мм	Номінальний розмір, мм					
	до 120	вище 120 до 260	вище 260 до 500	вище 500 до 800	вище 800 до 1250	вище 1250 до 2000
До 120	$\frac{4,5}{3,5}$					
Вище 120 до 260	$\frac{5}{4}$	$\frac{5,5}{4,5}$				
Вище 260 до 500	$\frac{6}{4,5}$	$\frac{7}{5}$	$\frac{7}{6}$			
Вище 500 до 800	$\frac{7}{5}$	$\frac{7}{5}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{9}{7}$		
Вище 800 до 1250	$\frac{7}{5,5}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{10}{7,5}$	
Вище 1250 до 2000	$\frac{8}{6}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{12}{9}$



Примітка:

1. Розміри припусків на обробку, вказані над рисою, відносяться до поверхонь, розміщених при заливці зверху, під рисою – внизу або вертикально.

2. Вказані в таблиці припуски відносяться також до отворів незалежно від їх розміщення.

Для полегшення виймання моделі з форми при її виготовленні і запобігання її пошкодження при цьому, передбачаються ливарні ухили на поверхнях, які розміщені вертикально у формі, відповідно до ДСТУ 3212 – 97. Величина ухилів залежить від розмірів поверхні, матеріалу моделі, якості формувальних матеріалів. Так, для дерев'яних моделей величина ливарного ухилу змінюється від $0^{\circ}20'$ при висоті поверхні 2000 мм до 3° при висоті близько 20 мм.

Для деталі, яка розглядається, при половині висоти зовнішньої поверхні фланцю 42,5 мм призначається ливарний ухил, що дорівнює $1^{\circ}30'$, а для внутрішньої поверхні фланцю – висотою не менше 20 мм – 3° .

Спряжені поверхні вилівка є концентраторами напружень і тому повинні мати заокруглення – галтелі для запобігання виникнення у затверділому і охолодженому вилівку великих внутрішніх напружень і виникнення тріщин. Радіус галтелі R розраховується у залежності від товщини спряжених стінок “ a ” і “ b ” за формулою, мм і зазвичай береться з ряду 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, і т. д.

$$R = \frac{a+b}{2} \cdot \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5}\right)$$

Радіус закруглення для деталі, яка розглядається, вибирається 6 мм, так як товщина стінки більш тонкої спряженої поверхні 12 мм.

Приймаючи до уваги вище сказане, на кресленні деталі помічаються припуски на механічну обробку, відмічаються напуски, проставляються ливарні ухили і радіуси заокруглень спряжених поверхонь. Радіуси, ухили, а також лінії, які визначають припуски на обробку, показують на кресленні деталі у вигляді товстих червоних ліній. Контур, обмежений цими лініями з проставленими розмірами, представляє креслення вилівка у перерізі і служить основою для отримання креслення моделі.



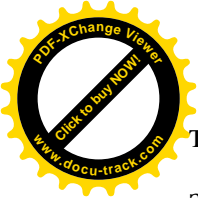
Необхідно пам'ятати: якщо конфігурація моделі і повторює точно конфігурацію виливка (заготовки), то модель має дещо збільшені розміри у порівнянні з виливком. Це зв'язано з тим, що об'єм рідкого металу, який заповнює форму під час заливки, при зниженні його температури, кристалізації і подальшому охолодженні у твердому стані зменшується. Це зменшення об'єму металу називається **об'ємною усадкою**, а відповідно зменшення при цьому лінійних розмірів характеризує лінійний осад. Так лінійний осад для сірого чавуну складає 1, ковкого чавуну – 1,5%, сталі – 2%, кольорових сплавів – 1,5%.

Отже, розміри моделі на кресленні повинні проставлятися з урахуванням усадки. Однак, на практиці поправки розмірів на осад на кресленні не робляться, а в процесі виготовлення моделей користуються так званим осідним метром для кожного ливарного матеріалу. Так, для сірого чавуну з осадом 1% осідний метр збільшується відповідно на це значення і в дійсності складає 1010 мм, маючи ті ж 1000 поділок.

Розміри виливка, отримані за допомогою розрахунків, називаються **номінальними**. Однак, в силу ряду факторів, наприклад, нерівномірності усадки, точності виготовлення моделі та ін., отримання точних розмірів при литті практично є неможливим. Тому вводять межі на можливі відхилення розмірів виливка від номінальних – **допуски**. Ці допустимі відхилення залежать від ливарного матеріалу, способу формування і зв'язаного з ним класу точності лиття і розмірів виливка. Для сірого чавуну, наприклад, вони складають 1...2,5 мм, для виливків у разові піщано-глиняні форми з найбільшим розміром до 500 мм (ДСТУ 1855 – 95).

Ці допустимі відхилення добавляються до розмірів на кресленні виливка.

Після отримання креслення виливка переходять до отримання креслення самої моделі. Відмінністю моделі від виливка є наявність у першій стержневих знаків, які повинні виконуватися у формі відбитку опор стержнів. Стержневі знаки на моделі повинні бути по діаметру дещо більші діаметру стержня для



того, щоб при збиранні форми забезпечити нормальний посадочний зазор знаковою частиною стержня і посадочним заглибленням форми. Такий же зазор необхідний між торцем стержня і відповідною торцевою стінкою посадочного місця форми.

У табл. 9.2. наведені зазори між стержнем і знаком та довжина горизонтальних знаків у залежності від розмірів вилівка і довжини стержня (у відповідності до ДСТУ 3606 – 97).

Таблиця 9.2

Величина зазорів між стержнем і знаком та довжина знаку

Найбільший розмір у поперечному розрізі, мм	Зазор між стержнем і знаком, мм	Довжина знака, мм, при довжині знака				
		до 50	51...150	151...300	301...500	501...750
До 25	0,15	15	25	40	-	-
26 ... 50	0,15	20	30	45	60	-
51 ... 100	0,25	25	35	50	70	90
101 ... 200	0,50	30	40	50	80	100

З урахуванням розмірів знаків за кресленням вилівка роблять остаточне креслення моделі (рис. 9.2.), на яке наноситься лінія, що розділяє модель на дві частини для зручності виймання їх з форми після формовки. Позначається верх і низ моделі.

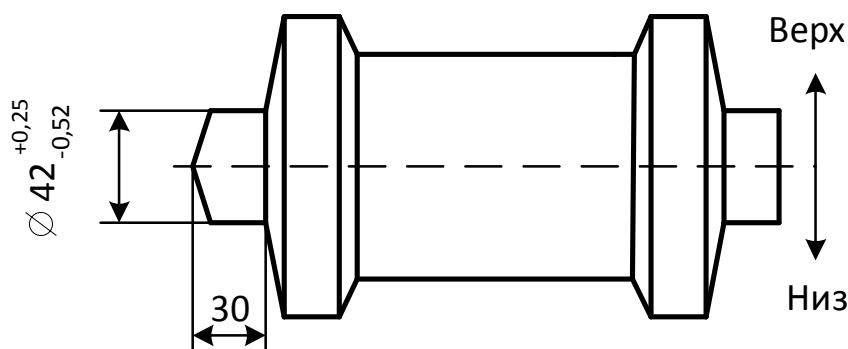
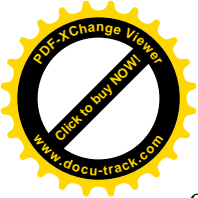


Рис. 9.2. Креслення моделі.



Конструювання стержневого ящика. Призначення стержневого ящика – сформувати стержень, який запобігає попаданню рідкого металу при заливці в ті частини форми, де повинні бути утворені і порожнини. У випадку деталі, яка розглядається, потрібен один стержень для утворення наскрізного центрального отвору.

Розміри внутрішньої порожнини стержневого ящика, який складається у даному випадку з двох половинок, визначаються повністю розмірами і формою стержня. Форма і розміри стержня повністю співпадають з формою і розмірами отвору вилівка з урахуванням усадки і стержневих знаків на стержні.

Зовнішні розміри стержневого ящика повинні забезпечувати його необхідну міцність і жорсткість.

Для деталі, яка розглядається, потрібен один стержень, розміщений у площині розрізу форми (моделі) і який служить для отримання у вилівку отвору діаметром $42 \pm 0,5$ мм. Діаметр стержня – 42 мм, його довжина – 152 мм + 2×45 мм = 242 мм.

На (рис. 9.3.) показано схему стержневого ящика, де 1 – стержень, 2 – фіксатор.

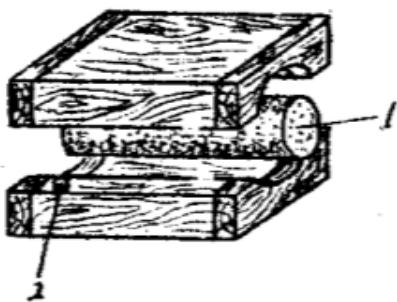
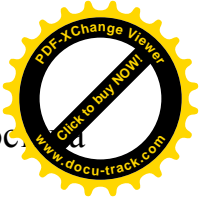


Рис. 9.3. Схема стержневого ящика.

Розрахунок ливарної системи. В даній роботі розрахунок ливарної системи не виконується, але студент ознайомлюється з принциповими основами розрахунку.

Призначення ливарної системи – забезпечити підведення рідкого металу у форму, частково очистити його від шлакових включень, вивести гази з порожнини форми і забезпечити такі умови кристалізації металу, при яких



утворюється мінімум внутрішніх напружень і виводиться з тіла виливка осадкова раковина.

Існують різні способи підведення рідкого металу до порожнини форми, які визначають багато в чому конструкцію ливарної системи. У випадку формовки у двох опоках з роз'ємною моделлю у даному прикладі доцільно рідкий метал підводити до площини розніму для подальшого розподілу його порожнину форми.

Ливарна система у цьому випадку складається з наступних елементів (рис.9.4.):

- чаші або ливарної воронки 3, яка сприймає динамічний напір струменя рідкого металу і зменшує його (чаша вирізається після формовки);
- стояка 4 – вертикальний канал, який подає рідкий метал до розніму форми (модель стояка виконується у вигляді конуса як для полегшення видалення його при формовці, так і для забезпечення необхідних умов заповнення ливарної системи рідким металом);
- шлаковловлювача 6, який формується у верхній опоці вище площини розніму; легший, ніж метал, шлак затримується у визначеній степені у шлаковловлювачі, спливаючи угору, а більш тяжкий метал, йдучи вниз, попадає у живильники 5, які розміщені у нижній опоці нижче площини розніму;
- живильники 5, які безпосередньо подають у форму рідкий метал; розміщення і кількість живильників вибирається так, щоб забезпечити рівномірне заповнення форми металом;
- випорів 2, які служать для видалення повітря і газів з порожнини форми, частково для живлення тверднучого у формі металу і запобігання таким чином утворення в ньому осідної раковини і контролю заповнення форми рідким металом.

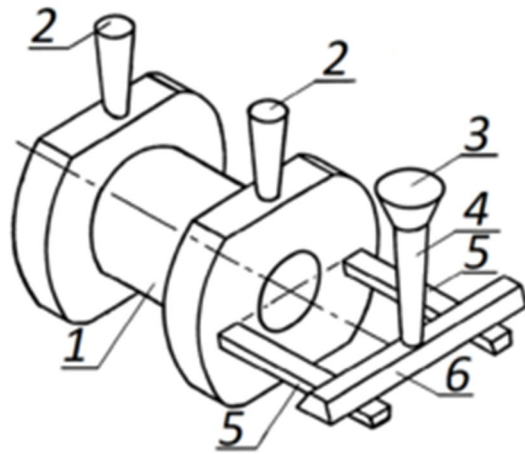


Рис. 9.4. Ливарна система.

Крім вказаних елементів, ливарна система може включати прибуткові частини для виводу осідної раковини з виливка із сплавів з високою усадкою і з великих виливків, і холодильники, які забезпечують прискорене затвердіння найбільш масивних частин виливка.

При конструюванні ливарної системи підведення і живлення визначають площі поперечних перерізів і розміри її елементів, маючи на увазі наступне:

- а) оптимальний час для заповнення форми металом;
- б) недопустимість утворення у системі, яка заповнюється металом, розріджень – для цього загальний переріз системи підведення при переході від стояка до шлаковловлювача і живильників повинен зменшуватись.

9.2. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з методикою проектування моделі і стержневого ящика для виливків, отриманих у разових формах, і принципами проектування ливарної системи.

2. Отримати завдання на проектування моделі і стержневого ящика для деталі індивідуального завдання (рис. 9.5.).

3. Визначити положення майбутньої моделі у формі при формуванні і роз'єм моделі.

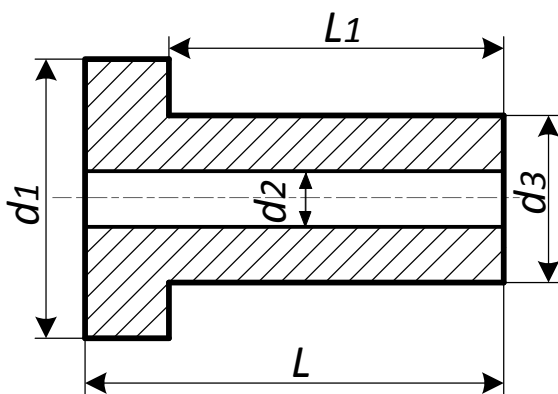
4. Визначити припуски на механічну обробку, напуски для об'ємів виливливаних отриманих внаслідок обробки різанням, ливарні ухили і радіуси заокруглень спряжених поверхонь, користуючись відповідними таблицями.

5. На креслення деталі завдання нанести лінії, враховуючи вже отримані дані.

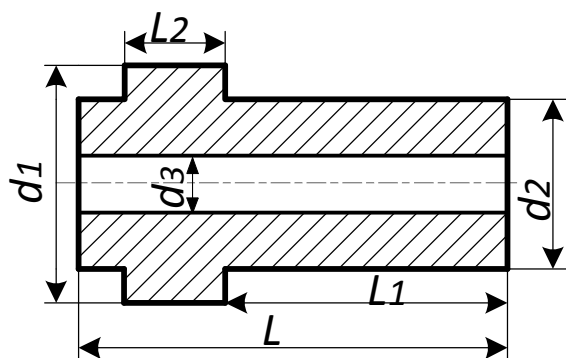
6. Визначити розміри стержневих знаків і відповідних їм зазорів і показати знаки на кресленні моделі.

7. Сконструювати стержневий ящик, визначивши розміри стержнів з урахуванням стержневих знаків і зазорів між стержнями і відбитками стержневих знаків в формі.

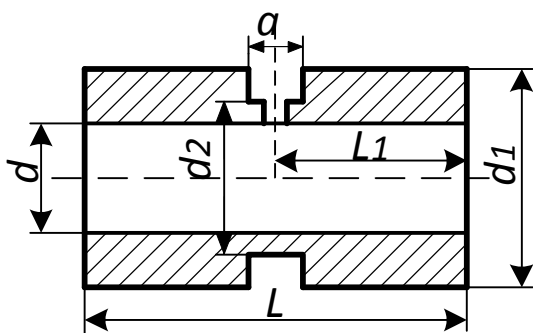
8. Дати схеми ливарної системи.



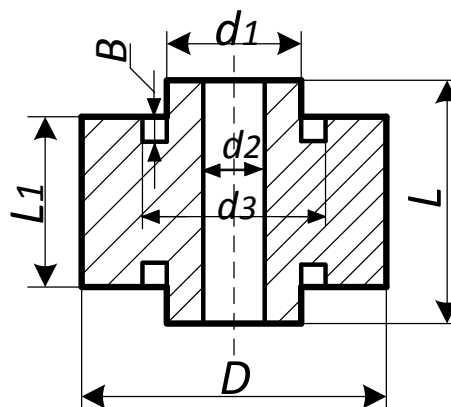
а



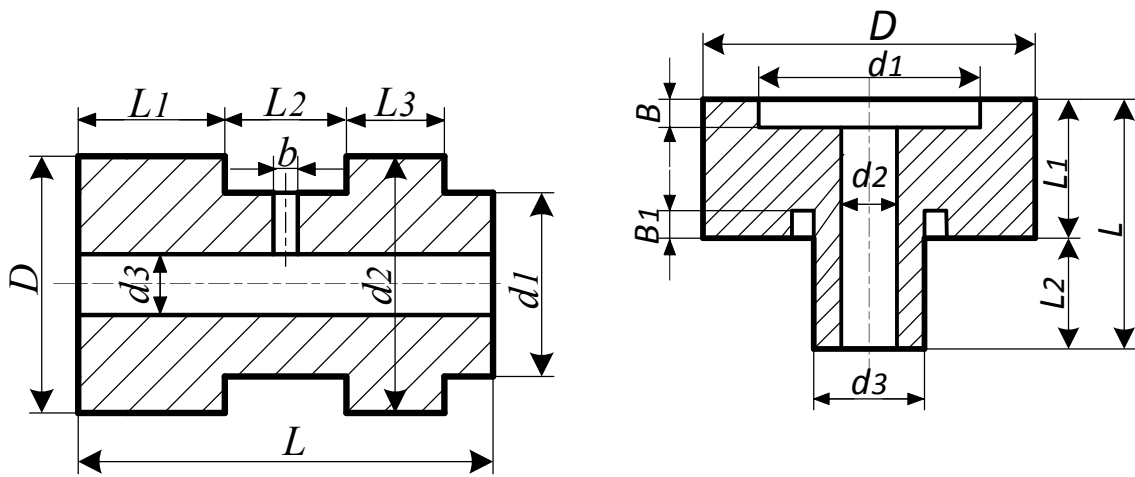
б



в

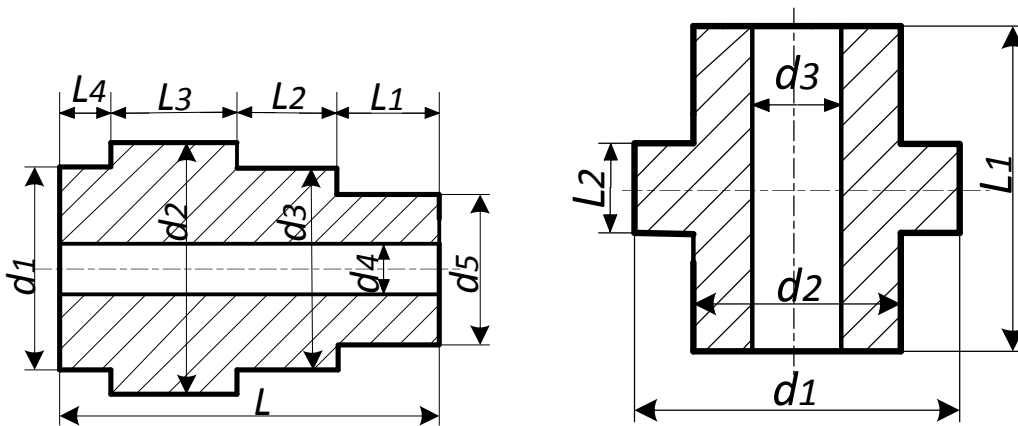


г



д

е



ж

з

Рис. 9.5. Варіанти завдання на конструювання моделей виливків.

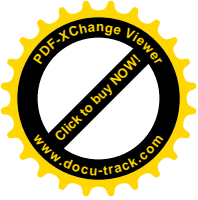
Контрольні запитання

1. З яких елементів складається модельний комплект і яке їх призначення?
2. Чим відрізняється деталь від виливка і виливок від моделі за формою і розмірами?
3. Що таке припуск на механічну обробку, напуск, допуск, ливарні ухили і галтелі і яке їх призначення?



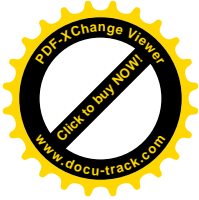
4. Як конструюється стержневий ящик?

5. З яких елементів складається ливарна система і яке їх призначення?



Частина II

ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА



Лабораторна робота № 10

ОТРИМАННЯ ВИЛИВКА У РАЗОВУ ПІЩАНО-ГЛИНЯНУ ФОРМУ

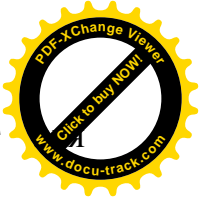
Мета роботи – ознайомитись з виготовленням разової піщано-глиняної форми у двох опоках за рознімною моделлю і отримати в ній виливки

10.1. Основі положення і зміст роботи

Отримання виливка у разовій піщано-глиняній формі складається з ряду послідовних і паралельних операцій, а саме:

- 1) виготовлення модельного комплекту, який складається з моделі виливка, стержневого ящика і моделі ливарної системи;
- 2) приготування формувальних і стержневих сумішей;
- 3) формовка стержнів у стержневих ящиках та їх сушка;
- 4) виготовлення форми – формовка верхньої і нижньої опоки;
- 5) приготування рідкого металу;
- 6) заливка форми рідким металом;
- 7) вибивання виливка з форми після затвердіння металу і стержнів з виливка;
- 8) відрубання ливарної системи від виливка;
- 9) контроль виливка.

Для виконання роботи отримують виливок втулки з двома фланцями і наскрізним центральним отвором (рис. 10.1.) і використовують металічну



рознімну модель втулки, стержневий ящик, дві опоки, інструмент ущільнення суміші та інші необхідні інструменти.

Розрізняють такі формувальні суміші: облицювальні, які призначені для заповнення частини форми, що безпосередньо прилягає до поверхні моделі і забезпечує отримання відповідної чистоти поверхні відливки; наповнюючі суміші, які заповнюють основну частину форми; єдині суміші, які виконують одночасно роль облицювальних і наповнюючих сумішей.

У даній роботі при формуванні використовуються облицювальні і наповнюючі суміші. Для облицювальних сумішей застосовуються свіжі формувальні матеріали, а для наповнюючих допускається часткове використання відпрацьованих сумішей – горілої землі. Склад наповнюючої суміші: кварцовий пісок КО2А або КО2Б – 90%, висушена глина, просіяна через сито 0315 – 10% з вологістю до маси суміші – 5,5%. Для цієї суміші використовується 75% горілої землі і 25% – свіжої. У якості облицювальної використовується така ж суміш, яка складається тільки зі свіжої землі.

Для підвищення газопроникності стержневої суміші глиняний склад у ній знижується до мінімуму (5%), а для більшої міцності до неї вводиться зв'язуюча домішка – декстрин або рідке скло. Для подальшого підвищення міцності стержня він армується сталевим дротом.

Плавлять метал у лабораторній муфельній печі електроопором. За умовою зручності виконання роботи у якості ливарного матеріалу застосовують алюмінієвий литий сплав АЛ2.

10.2. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з послідовністю виготовлення разової піщано-глиняної форми за рознімною моделлю у двох опоках та матеріалами і інструментом, які застосовуються для цієї мети.

2. Приготувати рідкий розплав, розрахувавши перед цим масу шихти за масою вилівка і масою металу, який іде на заповнення ливарної системи і випорів; завантажити шихту – металічний бій від попередніх виливків у



металічну форму та помістити її у муфельну піч; нагріти шихту розплавлення і перегріву її на 100... 150⁰ С вище температури плавлення.

3. Приготування стержня: заповнити внутрішню порожнину стержневого ящика сирією стержневою сумішшю, ущільнити суміш, згладити торці, видаливши лишню суміш, у тіло стержня ввести куски дроту для його армування, відправити стержень на сушку для використання при наступних формуваннях; у роботі використовувати сухий стержень, отриманий раніше.

4. Формування нижньої опоки (рис. 10.1.):

а) встановити на підмодельну плиту нижню половину моделі вилівка і моделі живильників, зафіксувавши їх положення відносно модельної плити і один одного для запобігання їх зсуву при формуванні;

б) встановити на підмодельну плиту нижню опоку і нанести на поверхню моделі рівномірно шар облицювальної суміші товщиною 30 – 50 мм;

в) заповнити опоку попередньо перемішаною наповнюючою сумішшю, ретельно і рівномірно ущільнюючи її трамбівкою; видалити з поверхні опоки лінійкою лишню суміш.

На (рис. 10.1.) показана заформована нижня опока 1, заповнена землею 5 і наповнюючою сумішшю 6, яка знаходиться на формувочній плиті 2 з нижньою половинкою моделі вилівка 3 і моделлю живильника 4.

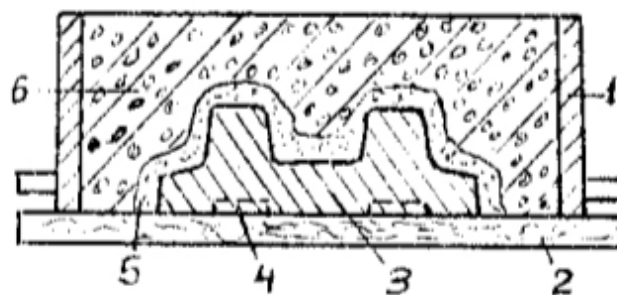
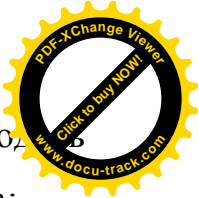
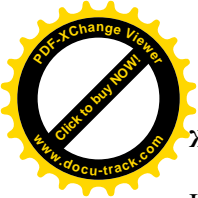


Рис. 10.1. Заформована нижня опока.

5. Формування верхньої опоки:

а) повернути заформовану нижню опоку на 180⁰;

б) встановити верхню половинку моделі на заформовану нижню половинку моделі і модель шлаковловлювача, зафіксувавши його відносно моделі



живильників, встановити таким же чином модель стояка на моделі шлаковловлювача і моделі випорів на верхні точки фланців моделі виливка;

в) встановити рамку верхньої опоки, з'єднавши її штирями з рамкою нижньої опоки;

г) посипати роз'єднувальним піском заформовану поверхню нижньої опоки для запобігання її схоплювання з сумішшю верхньої опоки;

д) заповнити верхню опоку спочатку облицювальною, а потім наповнюючою сумішшю як при формуванні нижньої опоки;

е) обережно видалити моделі стояка і випорів з верхньої опоки та вирізати ливарну чашу;

ж) наколоти душником отвори у заформованій суміші верхньої опоки для підвищення її газопроникності.

6. Кінцева зборка форми:

а) зняти верхню половину заформованої опоки, розвернути її на 180° для того, щоб поставити поверхню розніму у верхнє положення;

б) обережно видалити з нижньої опоки половину моделі виливка і моделі живильників, а з верхньої опоки – модель шлаковловлювача, підправивши при необхідності зруйновані ділянки форми і видаливши лишній матеріал з порожнини форми і ливарних каналів;

в) встановити у нижню опоку на стержневі опори сухий стержень;

г) встановити верхню опоку на нижню, зафіксувавши їх взаємне розміщення штирями.

На (рис. 10.2.) показана готова для заливки форма у перерізі.

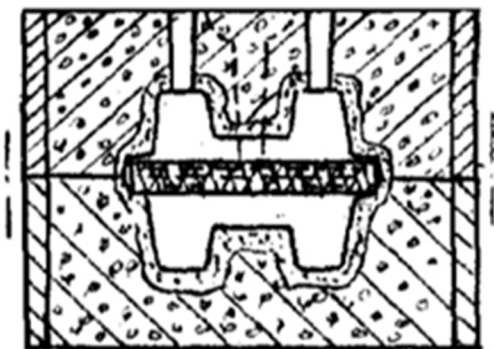
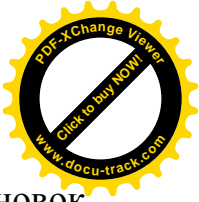
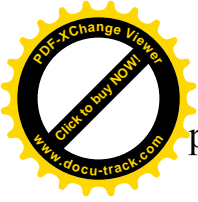


Рис. 10.2. Збірна форма

7. Заливка форми рідким металом.

Вийняти з муфельної печі обценьками форму з розплавленим металом, перенести її до заформованих опок і залити рівномірно розплав через ливарну чашу у форму до появи його з випорів.

8. Вибивання виливка: після затвердіння



розплаву витрясти виливок з форми.

9. Оглянути виливок для визначення помітних дефектів і зробити висновок про якість отриманого виливка.

10. За найбільшим лінійним розміром виливка і відповідним розміром моделі визначити лінійну усадку матеріалу виливка.

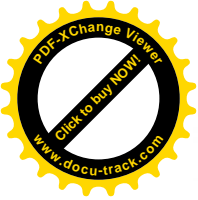
Контрольні запитання

1.3 яких послідовних операцій складається отримання виливка у піщано-глиняні разові форми?

2. Облицювальні, наповнюючі і єдині формувальні суміші.

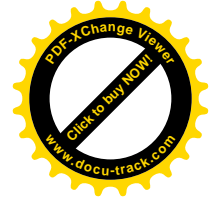
3. Для чого потрібен перегрів рідкого металу відносно його температури плавлення перед заливкою у форму?

4. Яким чином можна визначити лінійну усадку ливарного матеріалу?



Частина II

ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА



Лабораторна робота № 11

СПЕЦІАЛЬНІ ВИДИ ЛИТТЯ

Мета роботи – ознайомитись із спеціальними видами лиття.

11.1. Основі положення і зміст роботи

Лиття у разові піщано-глиняні форми має ряд суттєвих недоліків, які знижують якість лиття у порівнянні, наприклад, з металом, обробленим тиском, і знижує ефективність ливарного виробництва, а саме:

- відносно низька швидкість охолодження металу у формі з низькою теплопровідністю і, як результат, отримання крупнозернистої структури металу і його підвищеної хімічної неоднорідності, що призводять до пониження механічних властивостей литого металу;
- відносно низький клас точності лиття, який потребує більших припусків на механічну обробку;
- відносно низька якість поверхні виливка, отриманої при кристалізації у контакті з піщано-глиняною сумішшю;
- відносно висока трудомісткість отримання форми і разове її використання.

Застосування і розвиток спеціальних видів лиття направлене на зведення до мінімуму недоліків литого металу підвищенням якості самого металу, точності лиття і чистоти його поверхні і зменшення таким чином припусків на обробку і широкого впровадження автоматизації ливарного виробництва.

Розрізняють спеціальні способи лиття, при яких застосовують разові форми (оболонкове або коркове лиття і лиття за виплавними моделями) або постійної форми (кокільне лиття, лиття під тиском, відцентрове лиття).

Кокільне лиття – процес виготовлення виливків у металічних формах – кокілях, виготовлених із сталі або чавуну (рис. 11.1).

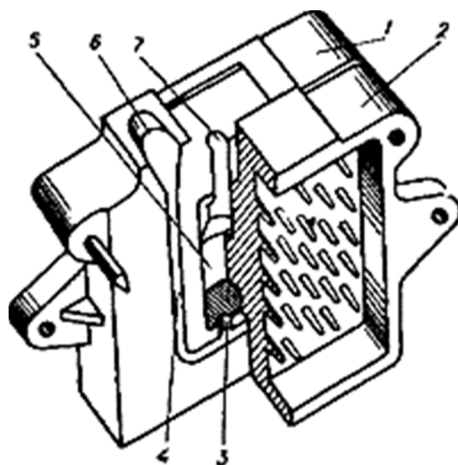


Рис. 11.1. Металева форма (кокіль):

1, 2 – частини металового кокілю; 3 – щілина для видалення газів, що розчинені в металі; 4 – стояк; 5 – порожнина; 6 – ливникова система; 7 – випор.

Для виготовлення виливків простого контуру форма може бути суцільною, але для складних виливків застосовуються різні форми. Перед заливкою рідкого металу форма попередньо підігрівається до температури $200...300^{\circ}\text{C}$, а поверхню форми покривають вогнетривкими захисними обмазками.

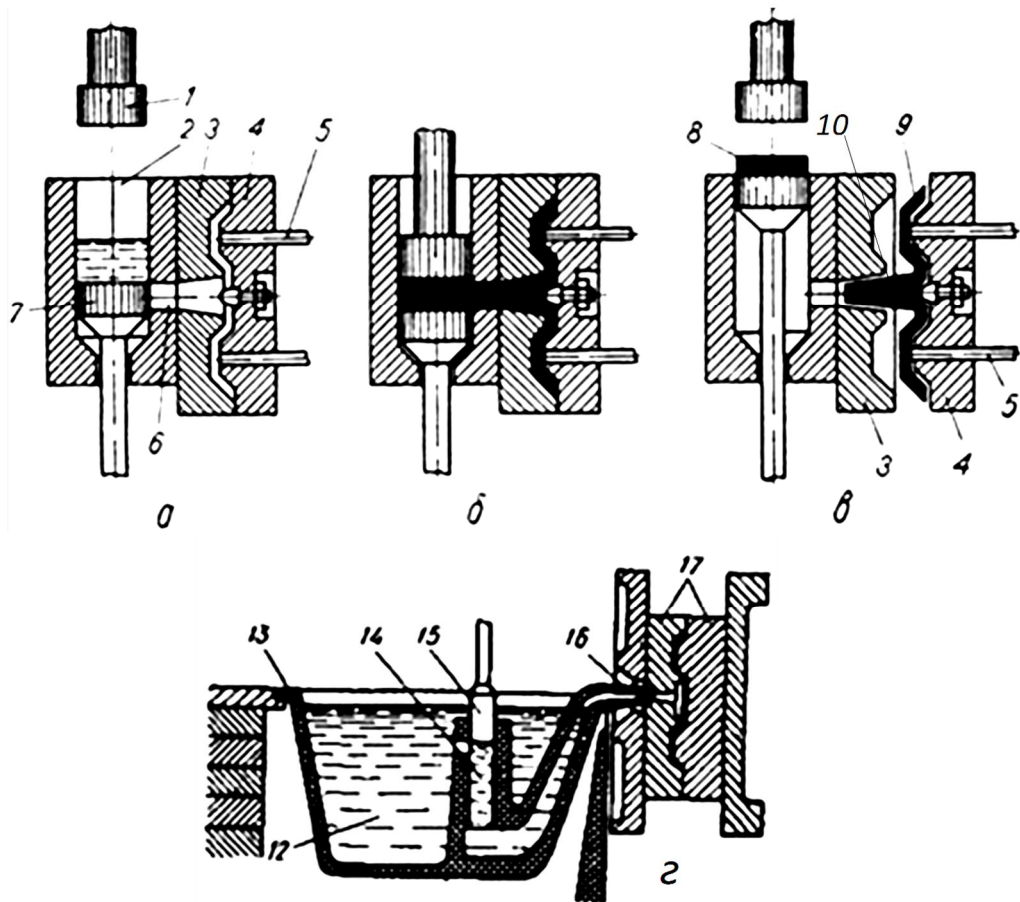
Переваги кокільного лиття: більш дрібнозерниста структура і хімічна однорідність металу завдяки підвищеній швидкості кристалізації і, як результат, підвищені механічні властивості, більш точніші розміри вилівка і чистота його поверхні, можливості для автоматизації процесів. Недоліки кокільного лиття, які звужують область його використання: висока вартість форми, низька газопроникність і піддатливість, яка утруднює одержання виливків складної конфігурації через підвищення внутрішніх напружень, які призводять до утворення тріщин.

Лиття під тиском – процес, при якому рідкий метал при заповненні форми і у процесі затвердіння знаходиться під тиском, який створюється спеціальними

поршневими або компресорними машинами. Форму виготовляють, як правило, із сталі.

Вертикальна холодна камера стиску (рис. 11.2, а) відокремлена від ванни з рідким металом. Метал 2 заливають у камеру мірною ложкою. Верхній поршень 1, опускаючись, тисне на метал; водночас нижній поршень 7, також опускаючись, відкриває ливниковий канал 6. Метал заповнює порожнину прес-форми (рис. 11.2, б), яка складається з рухомої половини 4 (пуансон) і нерухомої половини 3 (матриця). Коли метал затвердне, пуансон відходить убік (рис. 11.2, в) і вилівок 9 разом з ливником 10 виштовхується виштовхувачами 5. Надлишок металу 8 видаляється назовні нижнім поршнем 7.

Гаряча камера стиску 15 (рис. 11.2, г) розміщена безпосередньо у ванні 13 з рідким металом 12 і тому працює в дуже важких умовах: на неї діє гарячий рідкий метал. Крізь ливник 16 метал надходить у порожнину прес-форми 17. Така конструкція камери стиску не дає можливості виготовлювати виливки із сплавів з температурою плавлення понад 500°C , бо швидко спрацьовується поршень 15.



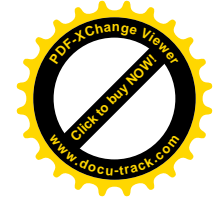


Рис. 11.2. Машини для лиття під тиском:

а, б, в) – поршневої дії з холодною камерою стискання;

г) – поршневої дії з гарячою камерою стискання.

Переваги лиття під тиском: одержання якісних виливків зі складними обрисами і переходами, особливо тонкостінних, забезпечення щільної і дрібнозернистої структури, висока точність і чистота поверхні і, як результат, зменшення припусків на наступну механічну обробку. Недоліки: підвищена газопроникність виливків і дорожня прес-форм і їх низька стійкість при застосуванні ливарних сплавів з відносно високою температурою плавлення (наприклад, для сталей і чавунів).

Відцентрове лиття – процес, при якому рідкий метал заливають у форму, яка обертається (рис. 11.3). Під дією відцентрових сил він відкидається до стінок форми, де і твердіє. Виливок, який одержують відцентровим способом, має точні обриси, чисту поверхню, дрібнозернисту і щільну структуру.

Як правило, у виливку відсутні газові, осідні і шлакові раковини. Область застосування відцентрового лиття обмежується виливками, які мають форму тіл обертання (гільзи циліндрів двигуна, труби.).

Форма з вертикальною віссю обертання. Розплав з ковша 1 (рис. 11.3, а) заливають в обертову форму 2. На розплав діють гравітаційна та відцентрова сили. Під дією цих сил розплав 3 стікає до низу і притискається до стінок форми, кристалізується й утворюється відливок. Отримані відливки мають неоднакову товщину стінок: у нижній частині відливка товщина стінки більша, ніж у верхній. Для вирівнювання товщини стінки використовують різання на верстатах. Якщо відливки отримують із сплавів, які легко окислюються, то форму поміщають у вакуумну камеру.

Форма з горизонтальною віссю обертання. Цю форму (рис. 11.3, б) використовують для виготовлення чавунних і сталевих труб. Для полегшення заповнення розплавом і виймання відливка форма нахилена під кутом 5° . Форма обертається навколо своєї осі за допомогою електродвигуна й охолоджується водою. Розплав з ковша 1 по нерухомому жолобу 4 потрапляє в обертову форму 2. Після заповнення форми розплавом 3 її обертання



продовжується до повної кристалізації розплаву. Потім вимикається електродвигун і кліщами виймають трубу з форми. Чавунні труби подають на термічну обробку за температури 850-920°C для зняття внутрішніх напружень і вирівнювання фазового складу сплаву.

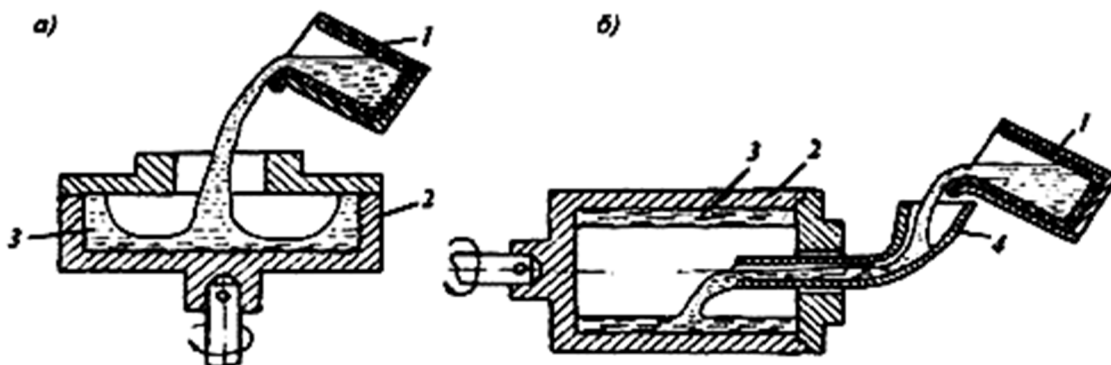


Рис. 11.3. Форми для відцентрового лиття:

а) – з вертикальною віссю обертання; *б)* – з горизонтальною віссю.

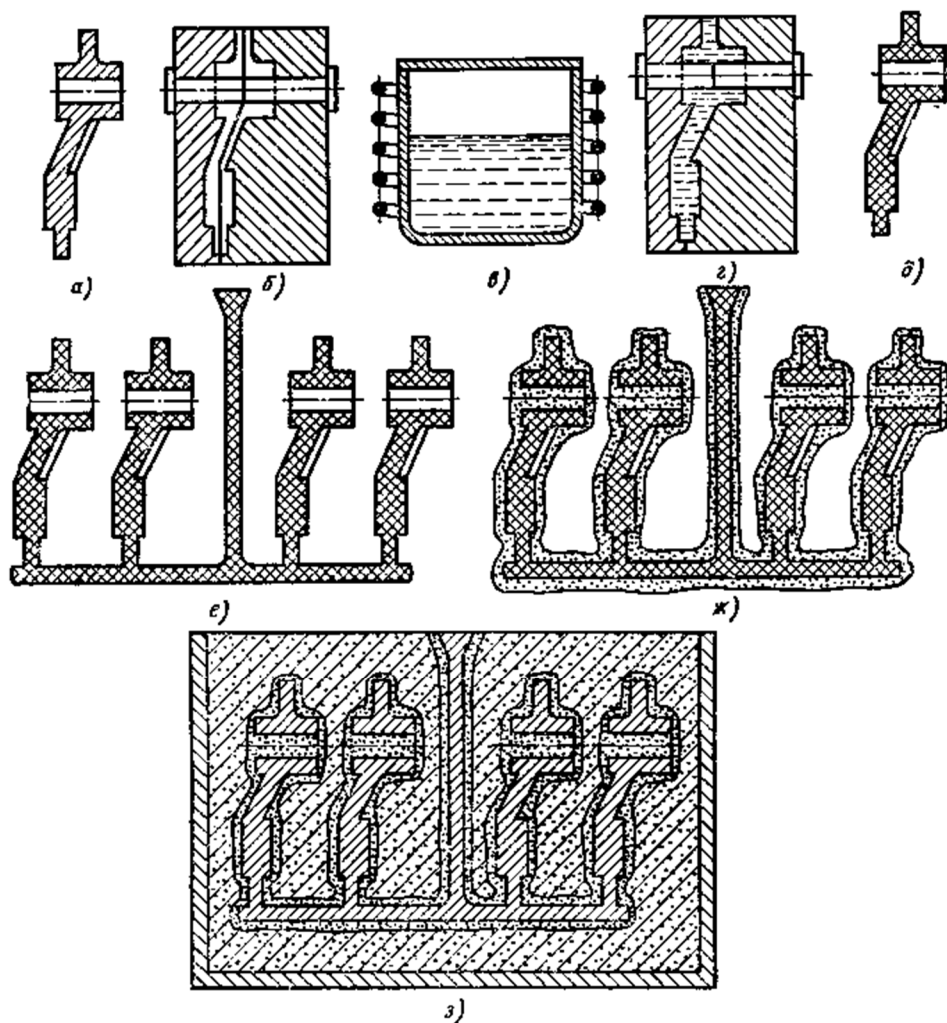


Рис. 11.4. Послідовність виготовлення вливок за способом лиття за виплавними моделями:

a – виливок; *б* – металева прес-форма;

в – автоклав для модельного складу; *г* – одержання легкоплавкої моделі;

д – легкоплавка модель; *е* – блок моделей з ливарною системою;

ж – блок моделей з оболонкою; *з* – форма після заливання.

При литті у оболонкові форми (рис. 11.5) рідкий метал заливають у разові форми, які представляють собою тонкостінні керамічні оболонки досить високої міцності. Для виготовлення таких форм застосовують піщано-смолисту суміш, яка складається з просушеного дрібного кварцового піску і термореактивної фенол формальдегідної смоли. Смолиста частина цього порошку при нагріванні переходить у напіврідкий стан при температурі близько 180°C і потім при цій же температурі переходить у твердий необоротний стан.

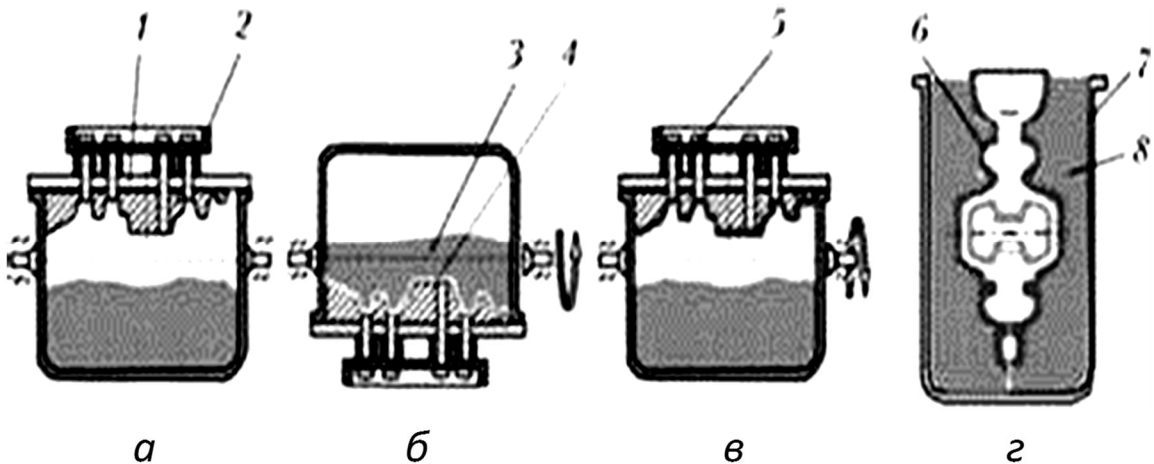
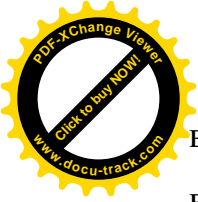


Рис. 11.5. Послідовність виготовлення оболонкових (коркових) форм:

1 – модельна плита; 2 – металева модель; 3 – формувальна суміш; 4 – оболонкова півформа; 5 – штовхач; 6 – оболонкові форми; 7 – опока – контейнер; 8 – кварцовий пісок.

Процес виготовлення оболонкових форм складається з операцій одержання напівформ за допомогою нагрітих модельних плит і перекидного бункера із сумішшю; затвердіння оболонок у печі; зняття оболонок з модельних плит; зборки форм і встановлення їх у опоках, які засипаються піском. Потім виконують заливання форм рідким металом. Переваги даного способу: точність розмірів виливка, підвищення чистоти поверхні, можливість застосування для



виливків тугоплавких сплавів. Застосовується у масовому і крупносерійному виробництві при виготовленні складних і відповідальних фасонних виливків.

11.2. Порядок виконання роботи

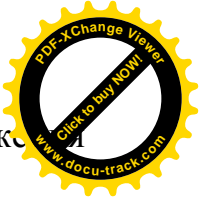
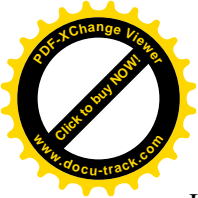
- 1.Продемонструвати отримання відливок кокільним і відцентровим способами лиття.
- 2.Ознайомитись з литтям під тиском і продемонструвати готові виливки.
- 3.Ознайомитися з процесом отримання виливків за виплавними моделями, продемонструвавши моделі, суміші, готові форми і виливки.
- 4.Замалювати (за завданням) схеми трьох спеціальних способів отримання виливків.
- 5.Порівняння лиття у разові піщано-глиняні форми із заданим видом спеціального лиття і оформити матеріал порівняння у вигляді таблиці.

Таблиця 11.1

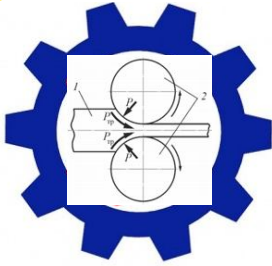
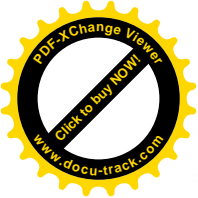
Спосіб лиття	Коротка характеристика	Переваги	Недоліки	Область застосування
піщано-глиняну форму				
Кокільне лиття				
і т.д.				

Контрольні питання

1. Які недоліки лиття у разові піщано-глиняні форми знижують якість литих виробів у порівнянні з якістю виробів, отриманих обробкою тиском?
2. Які види спеціального лиття відносяться до лиття у разові форми і які види – у постійні форми?
3. Схема технології кокільного лиття. Переваги і недоліки цього виду лиття.
4. Чим відрізняються лиття під тиском від кокільного лиття? Його переваги та недоліки.
5. Особливості і область застосування відцентрового лиття.



6. Як виконується лиття за виплавними моделями? Переваги і обмеження цього виду лиття.
7. Особливості і область застосування лиття у оболонковій формі.



Частина III

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ

Лабораторна робота № 12

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Мета роботи – вивчити здеформовуваність, а також вплив ступеня деформації і рекристалізації на властивість металів.

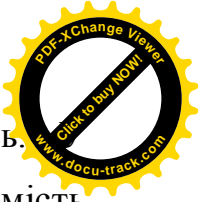
12.1. Основі положення і зміст роботи

Деформацією називається зміна форми тіла без руйнування під дією зовнішніх сил. Пружна деформація відновлюється, а пластична – залишається після зняття навантаження.

Пластична деформація здійснюється шляхом багаточисельних зсувів по кристалографічним площинам, у результаті чого виникає викривлення та подрібнення зерен, що призводить до підвищення щільності дефектів кристалічної решітки і підвищення рівня вільної енергії. Зерна витягуються, подрібнюються. Структура стає волокнистою. Практичним наслідком цього є зміцнення металів (наклеп).

Зі збільшенням ступеня деформації міцність металу збільшується, а пластичність зменшується, і при досягненні певних (граничних) ступенів деформації наклепаний метал стає крихким і в ньому виникають тріщини, які призводять до руйнування.

Наклепаний метал знаходиться в нестійкому стані, і при нагріванні до температури близько $0,4T$ плавлення, відбувається відновлення початкових властивостей і структури. Цей процес називається *рекристалізацією* і



супроводжується зменшенням вільної енергії шляхом руху границь. в результаті цього відбувається утворення нових рівноосних зерен замість волокнистої структури деформованого металу.

Деформація при температурах вище температури рекристалізації називається **гарячою обробкою тиском**, вона не супроводжується наклепом, оскільки виникаючі викривлення структури відразу відновлюються у процесі деформації за рахунок рекристалізації.

Деформація при температурах нижче температури рекристалізації називається **холодною обробкою тиском** і супроводжується наклепом. Щоб відновити структуру і властивості наклепаного металу (наприклад, при необхідності продовжити холодну обробку тиском), його потрібно нагріти вище температури рекристалізації. Така обробка називається **рекристалізаційним відпалом**.

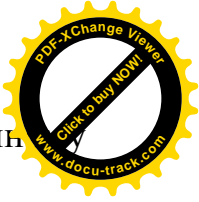
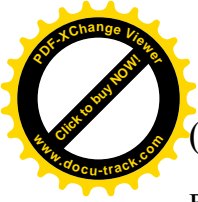
Здеформовуваність металів вивчають під час деформації стиску циліндричних зразків з алюмінію і свинцю діаметром 10 мм і висотою 15 мм. Спочатку алюмінієвий зразок встановлюють в центрі торцевої поверхні повзуна гідравлічного пресу і деформують до появи на його поверхні тріщин. Потім заміряють штангенциркулем висоту зразка після осадження і визначають граничну ступінь деформації за формулою:

$$\varepsilon_{np} = \frac{H_0 - H}{H_0} \cdot 100,$$

де: H_0 , H – висота зразка відповідно до та після осадження, мм.

Потім деформують свинцевий зразок на величину H до 2 мм і впевнюються, що навіть при значній осадженні на поверхні свинцевого зразка не виникають тріщини. Причиною цього є більш висока пластичність свинцю (оскільки температура початку рекристалізації свинцю – 36⁰ С, то його деформація при кімнатній температурі відноситься до гарячої обробки тиском і наклепом не супроводжується).

Вплив пластичної деформації і рекристалізації на механічні властивості металів вивчають при деформуванні від стиснення циліндричних зразків



(діаметром 10 мм і висотою 15 мм), які потім піддають рекристалізаційному відпалу у наступній послідовності.

1. Визначають твердість по Брінеллю зразків у початковому положенні, вдавлюючи кульку діаметром 10 мм зі сторони бокових лисок при навантаженні 250 кгс. За отриманим числом твердості НВ визначають границю міцності σ_B зразків, виходячи із співвідношення $\sigma_B = 0,40 \text{ НВ}$.

2. Заміряють штангенциркулем висоту зразків.

3. Деформують зразки стисканням за допомогою преса відповідно на 5, 10, 20 і 30%.

4. Визначають твердість деформованих зразків за Брінеллем і за отриманим числом твердості обчислюють границю їх міцності σ_B .

5. Деформовані зразки маркують і поміщають на 20 хв у муфельну піч, нагріту до 550⁰ С для рекристалізаційного відпалу.

6. Визначають твердість НВ і розраховують границю міцності зразків після рекристалізації.

12. 2. Порядок виконання роботи.

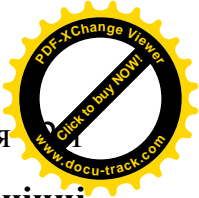
1. Кожній бригаді отримати по шість циліндричних зразків з алюмінію і по одному з свинцю (діаметром 10 мм, висотою 15 мм).

2. Визначити порівняльну здеформовуваність алюмінію і свинцю шляхом осадження алюмінієвого зразка до появи тріщин на поверхні, а свинцевого зразка – до 2 мм.

3. Замалювати зразки після осадження і визначити ступінь деформації.

4. Обґрунтувати до якого виду обробки тиском (гаряча чи холодна деформація) відноситься осадження алюмінієвого чи свинцевого зразка.

5. Визначити вплив пластичної деформації і рекристалізації на механічні властивості алюмінію (на п'яти циліндричних зразках діаметром 10 мм, висотою 15 мм з лискою на боковій стороні шириною 4 – 5 мм). Отримані дані занести до табл. 12.1.



Вплив ступеня пластичної деформації і рекристалізації на механічні властивості алюмінію.

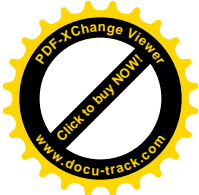
Номер зразка	Висота зразка, мм		Ступінь деформації зразка, %	Механічні властивості			
	до деформації	після деформації		після деформації		після рекристалізації	
			Твердість, НВ	границя міцності σ кгс/мм ²	твердість НВ	границя міцності σ кгс/мм ²	
1			0				
2			5				
3			10				
4			20				
5			30				

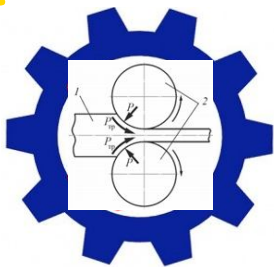
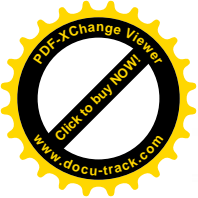
6. Побудувати графік залежності механічних властивостей алюмінію від ступеня деформації (до і після рекристалізації).

7. Зробити висновки про вплив ступеня деформації і рекристалізації на механічні властивості алюмінію.

Контрольні запитання

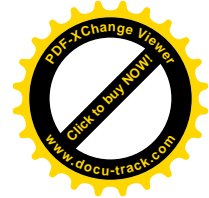
1. Сутність пластичної деформації.
2. Що така наклеп?
3. Як змінюється структура і властивості при наклепі?
4. Що таке рекристалізація ?
5. Як визначити температуру рекристалізації?
6. Як змінюються структура і властивості після рекристалізації?
7. Дайте визначення гарячої і холодної обробки тиском.
8. Для чого застосовується рекристалізаційний відпал ?





Частина III

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ



Лабораторна робота № 13

ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Мета роботи – ознайомитися із способами отримання прутків, труб методом пресування і основними способами об'ємного та листового штампування.

13.1. Основі положення і зміст роботи

Існують наступні види обробки металів тиском: вальцювання, волочіння, пресування, кування і штампування.

Пресування полягає у видавлюванні металу із замкнутої порожнини контейнера через отвір матриці, який відповідає перерізу профілю. Воно як правило здійснюється гарячою деформацією двома способами: прямим і оберненим (рис. 13.1). При прямому пресуванні прутка (рис. 13.1, а) метал під тиском пуансона заповнює порожнину контейнера і видавлюється з нього в тому ж напрямку. При зворотному пресуванні прутка (рис. 13.1, б) матриця є одночасно прес-шайбою, і пруток виходить всередину пустотілого пуансона назустріч його рухові.

Основною величиною, яка характеризує деформацію, є відносна ступінь деформації, що визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \cdot 100\% \quad \text{або} \quad \varepsilon = \frac{D_0 - D_1}{D_0} \cdot 100\%,$$

де: F_0 і D_0 – площа перерізу і діаметр контейнера, мм; F_1 D_1 – площа перерізу і діаметр отвору матриці, мм.

Пресування труб можна здійснювати як прямим, так і оберненим способом (рис. 13.1, в, г).

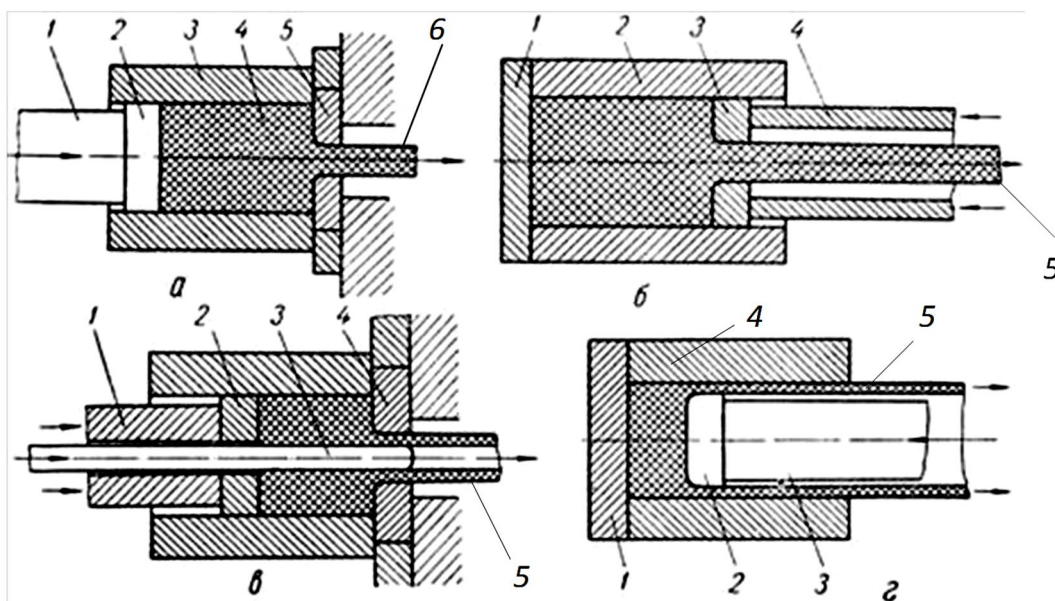


Рис. 13.1. Схеми процесу пресування прутків і труб:

- а** – пряме пресування прутка: 1 – пуансон; 2 – прес-шайба; 3 – заготовка; 4 – контейнер; 5 - матриця; 6 - пруток;
- б** – зворотне пресування прутка: 1 – упорна шайба; 2 – контейнер; 3 – прес-шайба; 4 – пустотілий пуансон; 5 – пруток;
- в** – пряме пресування труби: 1 – пуансон; 2 – прес-шайба; 3 – рухома голка; 4 – матриця; 5 – труба;
- г** – зворотне пресування труби: 1 – упорна шайба; 2 – прес-шайба; 3 – пуансон; 4 – контейнер; 5 – труба.

Штампування поділяється на об’ємне і листове і відрізняється від вільного кування тим, що поковки отримують у порожнині штампу. Гаряче об’ємне штампування дозволяє виготовити поковку за конфігурацією близькою до готової деталі двома методами: штампуванням у відкритих (рис. 13.2, а) і закритих штампах (рис. 13.2, б).

Штампування у відкритих штампах характеризується тим, що після заповнення металом порожнини протоки верхнього і нижнього штампів, надлишок його видавлюється в спеціальну задирочну (облойну) канавку (мал.13.2, а).

Безоблойне штампування представляє собою деформацію металу у закритих штампах, в яких утворення облою не передбачається, і тому порожнина для

нього відсутня (рис. 13.2. б). При безоблойному штампуванні необхідно сув дотримуватися однакових об'ємів заготовки і поковки, в іншому випадку поковки будуть або занадто товстими при надлишку металу, або з незаповненими кутами при його недостатній кількості.

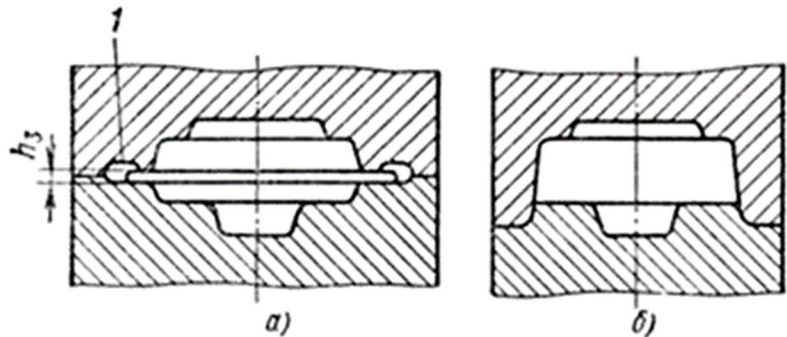


Рис. 13.2. Схеми процесу штампування:

a – штампування у відкритих штампах: 1 – задирична канавка;

б – штампування у закритих штампах.

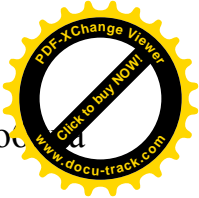
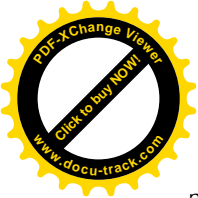
Для отримання поковки складної конфігурації використовують багато-потоківі штампи, в яких всі необхідні порожнини для одержання фасованої заготовки, які називаються заготовочними протоками, і порожнини для кінцевого формування, які називаються штампувальними протоками, виконуються в одному блоці.

Листове штампування застосовується для виготовлення з листового або полосового матеріалу плоских або тонкостінних виробів. Частіше для цього застосовують тонколистовий метал. Його штамнують у холодному стані. Операції листового штампування поділяться на розподільчі (вирубка, пробивка, відрізка) і формозмінюючі (правлення, гнуття, витягування, відсортовування).

13.2. Порядок виконання роботи

1. Демонстрація пресування прутка з свинцю прямим і зворотнім способом. Замалювати схеми.

2. Визначити ступінь деформації, зусилля пресування і порівняти масу прес-залишку при прямому і зворотному способі пресування прутка. Дані занести до табл. 13.1.



3. Демонстрація пресування з свинцю трубки прямим методом і тиском зворотнім методом (замалювати схему).

Таблиця 13.1

№ з/п	Спосіб пресування	Діаметр заготовки D_0 , мм	Діаметр прутка, D_1 , мм	Ступінь деформації ε , %	Зусилля пресу P , т	Маса прес-залишку, г	Примітка

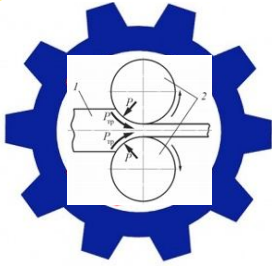
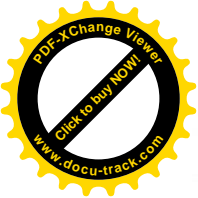
4. Демонстрація штампування у відкритих і закритих штампах . Замалювати схеми і зробити висновки про переваги і недоліки кожного методу.

5. Ознайомитись з технологією штампування шатуна у багато потоковому штампі.

6. Ознайомитись з технологією листового штампування.

Контрольні питання

1. Сутність та види обробки металів тиском.
2. Що таке пресування?
3. Назвіть і охарактеризуйте різні методи пресування.
4. Які вироби виготовляють методом пресування?
5. Особливості об'ємного штампування металів.
6. Штампування у відкритих і закритих штампах, переваги і недоліки.
7. Область застосування об'ємного штампування.
8. Особливості листового штампування і область застосування.



Частина III

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ

Лабораторна робота № 14

РОЗБОРКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК І ДЕТАЛЕЙ ТИСКОМ

Мета роботи – ознайомити студентів з основними принципами конструювання поковок, виготовлених куванням та об'ємним штампуванням, з методикою вибору обладнання і заготовки для виготовлення поковки; розробки креслень (ескізів) поковки, визначення коефіцієнту використання матеріалу.

14.1. Основі положення і зміст роботи

Технологічна розробка процесу виготовлення поковки включає в себе розробку креслення поковки, розрахунок заготовки, вибір обладнання, операцій кування, послідовності їх виконання та інструменту, який використовується. Основними методами виготовлення поковок є кування та гаряче об'ємне штампування. При різних способах виготовлення поковок коефіцієнт використання металу коливається в широких межах табл. 14.1.

Таблиця 14.1

Спосіб виготовлення	Відходи				Коефіцієнт виконання $K_{\text{вик}}$
	при підготовці (відрубання, відрізування)	при нагріванні, куванні, штампуванні	при механічній обробці	при термічній обробці	
	у % від маси виливків і заготовок		у % від маси поковок		
Кування виливків	≤ 25	≤ 10	≤ 40	≤ 2	$\leq 0,45$

Продовження табл. 14.1

Кування болванок і пруткових заготовок	≤ 3	≤ 8	≤ 30	≤ 2	$\leq 0,5$
Об'ємне штампування (у відкритих штампах)	≤ 4	≤ 20	≤ 25	≤ 1	$\leq 0,6$
Точне штампування (у відкритих штампах)	≤ 2	≤ 5	≤ 10	≤ 1	$\leq 0,9$

Примітка: коефіцієнт $K_{\text{вик}} = M_{\text{д}} / M_{\text{заг}}$, де $M_{\text{д}}$, $M_{\text{заг}}$ – маса, відповідно, готової деталі та заготовки (виливка), кг.

Вільне кування

На основі креслення готової деталі розробляють креслення поковки. Для цього необхідно встановити припуски на механічну обробку, допуски на точність виготовлення у процесі кування і напуски. Якщо деталь не підлягає подальшій механічній обробці, встановлюють тільки допуск на точність виготовлення при куванні. Для деталей, які підлягають подальшій механічній обробці, крім допусків на розміри встановлюють припуск (рис. 14.1).

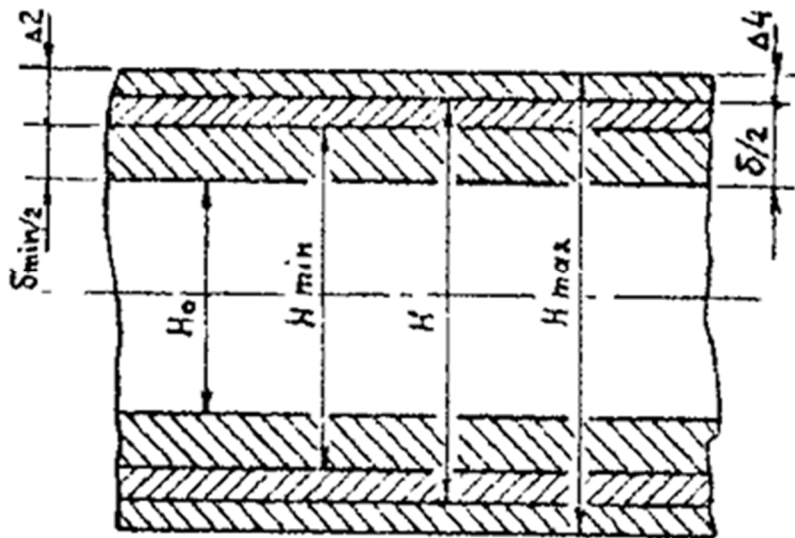
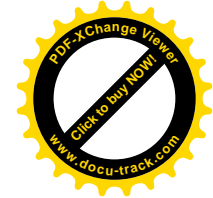


Рис. 14.1. Схема розміщення припусків і допусків на зовнішній розмір деталі:

H_0 – обдирочний розмір заготовки або номінальний розмір деталі;

H_{min} – найменший розмір поковки, $H_{min} = H_0 + \delta_{min}$;

δ_{min} – найменший припуск на розмір H_0 ;



H – номінальний (розрахунковий) розмір поковки, $H = H_o + \delta$;

δ – номінальний припуск на розмір H_o ;

$\delta = H - H_o = \delta_{min} + \frac{\Delta}{2}$; Δ – поле допуску; $\Delta = H_{max} - H_{min}$;

H_{max} – найбільший розмір поковки; $H_{max} = H + \frac{\Delta}{2} = H_o + \delta_{min} + \Delta$;

$\frac{\Delta}{2}$ – граничне відхилення від номінального розміру поковки;

$\frac{\Delta}{2} = H_{max} - H = H - H_{min}$...

Щоб запобігти переріз волокон металу при обробці різанням, необхідно намагатися наблизити контур поковки до контуру деталі.

Кількість уступів та виїмок на поковці залежить від можливості їх виконання при куванні, а також від наявності відповідного інструменту і кількості однотипних поковок. Для невеликої кількості поковок виготовлення спеціального інструменту часто обходиться дорожче, ніж витрати металу на напуски і збільшення об'єму механічної обробки.

Контур поковки креслять суцільними основними лініями за номінальними розмірами. Габаритний контур готової деталі чи заготовки після механічної обробки показують на кресленні тонкими лініями. Цифри без дужок над розмірною лінією позначають номінальні розміри поковок; цифри в дужках під розмірною лінією – номінальні розміри деталі або обдирочні розміри заготовки, якщо остання безпосередньо після обдирання піддається термічній обробці; цифрами зі знаками "+" і "-" розміщеними справа від номінального розміру поковки, вказують значення відповідно верхнього (позитивного) або нижнього (негативного) відхилень.

Номінальні розміри по довжині поковок з уступами проставляють від однієї або обмеженої кількості баз, які не є торцями поковки. Один кінцевий уступ включають у розмір загальної довжини поковки.

Отвори в молотових поковках дозволяється не прошивати, якщо їх діаметр менше 40 мм або відношення висоти поковки до діаметра отвору

$$\frac{H_n}{d_{отв}} > 3$$

Припуски на проби для різноманітних випробувань і контролю

макроструктури вказують на кінці поковки, оберненому до прибутку частини виливка; номінальні розміри поковок заокруглюють до цифр, які закінчуються на 5 і 0, в меншу або більшу сторону за звичайними правилами заокруглення (рис. 14.2).

На кресленні поковки справа від зображення вказують технічні вимоги на поковку, які об'єднані за загальними ознаками (вимоги до матеріалу, недосконалість форми, необумовлені розміри, а також групу, додаткові види випробувань, допустимі розміри місцевих дефектів, нерівномірне розміщення припусків.

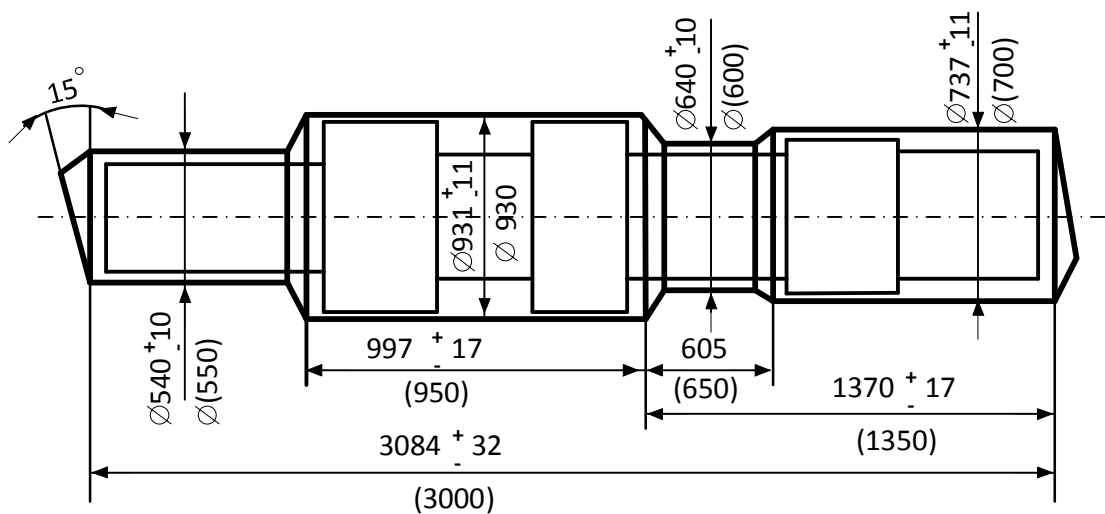


Рис. 14.2. Приклад нанесення припусків, допусків і напусків на поковку, виготовлену куванням на пресах

Напуски призначають для спрощення виготовлення поковки у тих випадках, коли довжина або діаметр уступу чи виїмки малі порівняно з розмірами прилеглих суміжних ділянок (див. рис. 14.2). Мінімальна висота уступів або виїмок, які виготовляються на поковках, складає, як правило, 13 – 15 мм.

Основні умови забезпечення технологічності деталей, одержаних куванням:

- 1) уникати конічних і клиновидних форм;
- 2) виключати взаємні перетини циліндричних поверхонь з плоскими ділянками деталей;
- 3) надавати перевагу одностороннім виступам перед двосторонніми;
- 4) не застосовувати ребра жорсткості у поковках;

- 5) уникати бобишок, виступів, платиків і т.п.;
- 6) прагнути до найпростішої форми деталі, окресленої циліндричними поверхнями і площинами.

Нормативні значення допусків і припусків для молотових поковок приведені в табл. 14.2, ілюстрацією до якої служить (рис. 14.3).

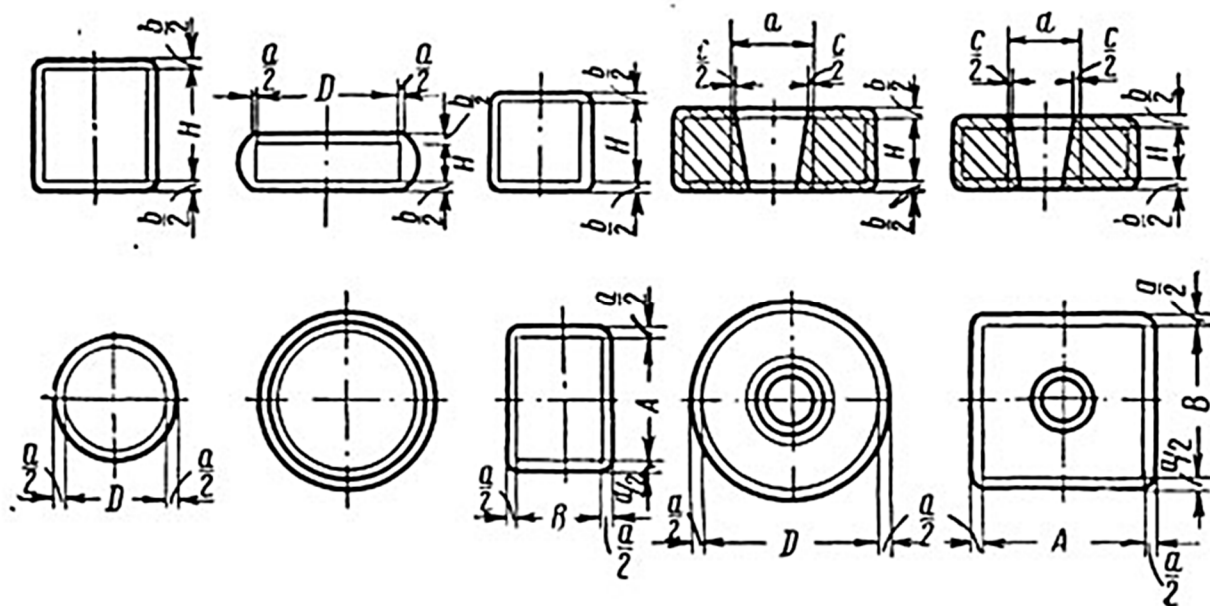


Рис. 14.3. Допуски і припуски для молотових поковок (див. табл. 14.2)

Дані табл. 14.2 поширюються на суцільні циліндри з $H \leq 1,5 D$, бруски, кубики, пластини з $H \leq B$ і $A \leq 1,5 B$, диски з отворами $H \leq D$ і $d \leq 0,5 D$; пластини з отворами $H \leq B$, $A \leq 1,5 B$ і $d \leq 0,5 B$. У прямокутних деталях за H приймають найменший розмір, а A – найбільший. На розмір B припуски і відхилення приймають такими ж, як і на розмір A . Дозволяється не прошивати отвори $d \leq 40$ мм і отвори $d \leq 60$ мм у поковках висотою більш 120 мм. Понад припуски у отворах допускається конусність 1:20. Для пресових поковок передбачені дві групи точності виготовлення: підвищена і нормальна. При цьому припуски, визначені по табл. 14.2, зменшують на 10%. Креслення деталі і поковки, одержаної куванням на молоті, показані на (рис. 14.4). Розміри і масу початкової заготовки для поковки визначають на основі закону сталості обсягу при пластичній деформації. Загальна маса заготовки (вилівка), кг:



$$M_{заг} = M_{пок} + M_{обс} + M_{уг} + M_{в} + M_{пр} + M_{д},$$

де: $M_{пок}$, $M_{обс}$, $M_{уг}$, $M_{в}$, $M_{пр}$, $M_{д}$ маса, відповідно, поковки, відходів на обсікання (0 – 5% маси поковки), на угар, видри, прибуткової частини виливка (20 – 25% для вуглецевої і 25 – 35% для легованої сталі), донної частини виливка (5 – 7% для вуглецевої і 7 – 10% для легованої сталі), кг.

Таблиця 14.2

Висота деталі, Н (вище-до)	Діаметр D або розмір А деталі (вище-до)	Припуски a , b , c і відхилення				
		На висоту Н	На розміри D, А, В	На діаметр отвору d при різниці D-d і A-d		
				50 – 120	121 – 300	≥ 301
До 50	До 50	7 ± 2	7 ± 2	–		
	50–80	7 ± 2	8 ± 2	–		
	80–120	7 ± 2	9 ± 2	14 ± 2		
	120–180	7 ± 2	10 ± 2	15 ± 2		
	180–250	$8 + 2$	$10 + 2$ -3	$16 + 2$ -3	$17 + 2$ -3	
50 – 80	До 50	9 ± 2	9 ± 2	–	–	
	50–80	11 ± 3	11 ± 3	16 ± 3	–	
	80–120	11 ± 3	12 ± 3	17 ± 3	–	
	120–180	12 ± 3	14 ± 3	19 ± 3	$20 + 3$ -4	
	180–250	$13 + 4$	$16 + 4$	–	22 ± 4	
80 – 120	До 80	9 ± 2	9 ± 2	–		
	80–120	11 ± 3	11 ± 3	16 ± 3		
	120–180	11 ± 3	12 ± 3	17 ± 3		
	180–250	12 ± 3	14 ± 3	19 ± 3 -4	$20 + 4$	

При пакуванні поковок з катаного металу останні три рівності (1) відсу, маса заготовки складається із суми мас поковки, відходів на угар і на обсікання (за густину сталі приймають 7850 кг/ м^3). Відходи на угар складають, як правило, 2% маси заготовки при нагріванні у полумєневих печах і 1% - при нагріванні в електропечах. Відходи на обсікання залежать від форми і розмірів поковки. Для молотових поковок круглого перерізу їх об'єм становить:

$$V_{\text{обс}} = 0,23 \cdot D^3,$$

де:

D – діаметр поковки для заготовок прямокутного перерізу з розмірами B і H ; $V_{\text{обс}} = 0,3 B^2 \cdot H$.

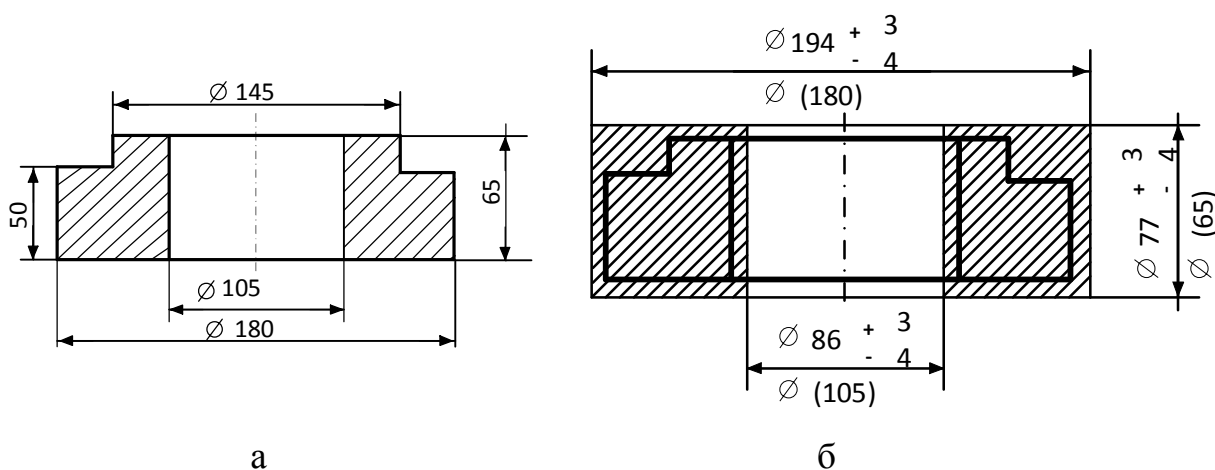


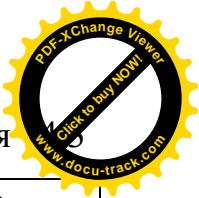
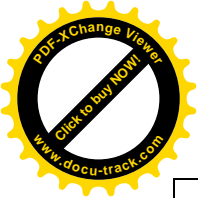
Рис. 14.4. Креслення:

а – деталі; б – поковки, одержаної куванням на молоті.

Розміри поперечного перерізу заготовки вибирають з урахуванням забезпечення необхідного уковування (1,3..1,5 для заготовок із прокату).

Довжину заготовки для поковки, яку виготовляють гнучкою зі смуги, обчислюють розверткою середньої лінії поковки.

Обладнання для кування вибирають у залежності від маси і форми поковок, а також режиму кування. Масу падаючих частин кувального молота в залежності від маси поковок або розмірів заготовки можна визначити за табл. 14.3.



Таблиця

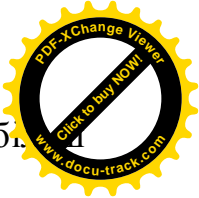
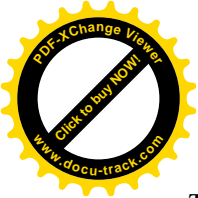
Маса, кг			Розмір найбільшого перерізу заготовки (сторона квадрата), <i>мм</i>
Падаючих частин молота	Середня і найбільша фасонної поковки	Найбільша гладенького валу	
100	0,5 – 2,0	10	50
300	3 – 10	45	85
500	8 – 25	100	115
1000	20 – 70	250	160
2000	60. – 180	500	225
3000	100. –.320	750	275
5000	200. –.700	1500	350

При одержанні поковок на пресах за табл. 14.4 визначають зусилля пресування.

Таблиця 14.4

Зусилля, МН	Характеристика вилівка	
	Маса, кг	Діаметр, мм
6	500...2000	200...500
8	2000...3000	250...600
10	4000...8000	300...800
20	15000...30000	400...1200
30	30000...60000	600...1600
60	60000...120000	1000...2500
100	120000...250000	2000...2800

Послідовність операцій кування встановлюють у залежності від виду заготовки, форми і розмірів деталей. Основні операції для більшості поковок - осадка і витяжка.



Для правильної осадки висота початкової заготовки повинна бути не більше трьох діаметрів; заготовку необхідно підкатати до циліндричної форми.

При витягуванні заготовки прямокутного перерізу бажано, щоб висота її не перевищувала ширину більш ніж у 2 – 2,5 рази.

Перед витяжкою виступів і виїмок варто зробити надрубкування (перезжим) заготовки за допомогою тригранної сокири або вальцювального розкочування на глибину виступу або виїмки.

Отвір одержують прошиванням. Спочатку прошивають отвір з одного боку на 75..80% його глибини, потім повертають поковку нижнім боком догори і цим же прошивнем закінчують прошивання з одержанням відходу - перемички.

Гаряче об'ємне штампування

При розробці технологічного процесу гарячого об'ємного штампування насамперед потрібно визначити спосіб штампування (у відкритому чи закритому штампі, осадкою у торець чи плиском) і поверхнею рознімання штамп.

Осіданням у торець (при цьому вісь заготовки паралельна напрямку руху рухливої частини штампа) штампують поковки, поперечні розміри яких декілька разів перевищують їх висоту, а плиском – поковки з подовженою віссю. Молотові штампи, як правило, відкриті. Штампуванням у закритих штампах на пресах звичайно виготовляють поковки, які мають форму тіл обертання.

При виборі поверхні рознімання штампа варто виходити з таких вимог:

- площину рознімання вибирають з урахуванням можливості вільного виймання поковки з верхньої і нижньої частин штампу;
- бажано, щоб площина рознімання співпадала з площиною двох найбільших габаритних розмірів деталі;
- заповнення остаточного ривчака осадкою відбувається легше, ніж видавлюванням (рис. 14.5);
- при штампуванні на молотах глибокі порожнини розташовують у верхньому штампі, а на пресах – у нижньому;

– бажано, щоб площа рознімання при штампуванні на молотах перетинала вертикальну поверхню поковки.

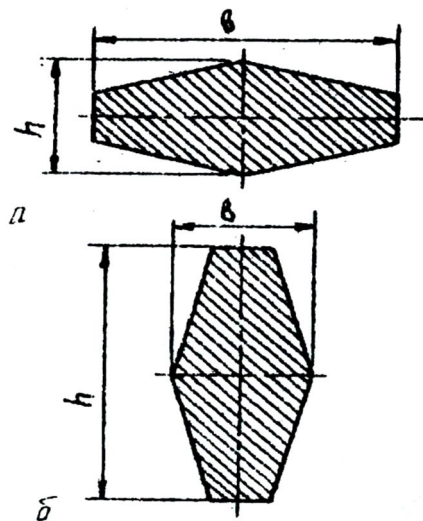


Рис. 14.5. Типові перетини поковок:

a – одержаних осадкою; *б* – одержаних видавлюванням.

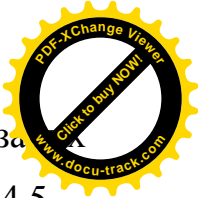
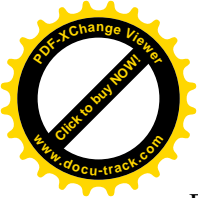
Складання креслення поковки містить у собі призначення припусків, допусків, напусків, штампувальних нахилів на вертикальних стінках поковки для полегшення її виймання зі штампу і радіусів заокруглень для запобігання затискання металу в кутах рівчака штампу і концентрації напружень у штампі.

До напусків відносяться штампувальні нахили, внутрішні радіуси заокруглень, перемички отворів, які доповнюють припуски.

Припуски на механічну обробку і допуски по довжині, ширині і товщині (висоті) поковок повинні визначатися у залежності від необхідної точності, маси, розмірів, групи сталі і ступеня складності поковки.

За початкову для розробки креслення приймають поковку нормального (другого) класу точності, другого ступеня складності з вуглецевої або низьколегованої сталі з вмістом вуглецю до 0,4 % з плоскою конфігурацією поверхні рознімання штампу.

Масу поковки визначають, виходячи з розміру припусків на механічну обробку і ковальських напусків з врахуванням 0,5 позитивного граничного відхилення (для зовнішніх розмірів) і 0,5 негативного (для внутрішніх розмірів і порожнин).



Припуски (на сторону) на механічну обробку поковок при вищевказаних початкових умовах для шорсткості поверхні 6,3...1,6 представлені в табл. 14.5.

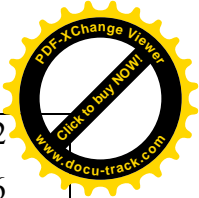
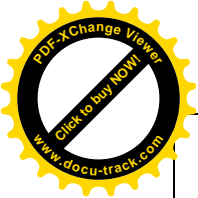
Таблиця 14.5

Маса поковки, кг (вище-до)	Товщина (висота), довжина або ширина поковок, мм (вище-до)				
	до 50	50...120	120...180	180...260	260...360
до 0,25	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
0,25 – 0,40	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
0,40 – 0,63	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
0,63 – 1,0	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
1,0 – 1,6	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
1,6 – 2,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2,5 – 4,0	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2
4,0 – 6,3	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4
6,3 – 10,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6
10,0 – 16,0	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8
16,0 – 25,0	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0
25,0 – 40,0	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
40,0 – 63,0	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4
63,0 – 100,0	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7
100,0 – 160,0	3,5	3,7	3,8	3,9	4,0

Штампувальні ухили встановлюються на поверхнях, розміщених паралельно руху баби молота або повзуна преса, а також на поверхні наскрізних отворів або глибоких западин, зроблених формувальними або прошивними пуансонами. Допуски на штампуванні поковки нормальної точності наведені в табл. 14.6.

Таблиця 14.6

Маса поковки, кг (вище-до)	Для розміру, мм (вище-до)				
	до 50	50...120	120...180	180...260	260...360

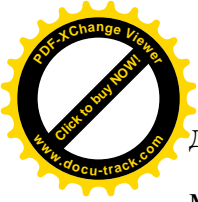


до 0,25	+ 0,7 - 0,4	+ 0,8 - 0,4	+ 0,9 - 0,5	+ 1,0 - 0,6	+ 1,2 - 0,6
0,25 – 0,40	+ 0,8 - 0,4	+ 0,9 - 0,5	+ 1,1 - 0,5	+ 1,2 - 0,6	+ 1,3 - 0,7

Продовження таблиці 14.6

0,40 – 0,63	+ 0,9 - 0,5	+ 1,1 - 0,5	+ 1,2 - 0,6	+ 1,3 - 0,7	+ 1,5 - 0,7
0,63 – 1,0	+ 1,1 - 0,5	+ 1,2 - 0,6	+ 1,3 - 0,7	+ 1,5 - 0,7	+ 1,6 - 0,8
1,0 – 1,6	+ 1,2 - 0,6	+ 1,3 - 0,7	+ 1,5 - 0,7	+ 1,6 - 0,8	+ 1,7 - 0,9
1,6 – 2,5	+ 1,3 - 0,7	+ 1,5 - 0,7	+ 1,6 - 0,8	+ 1,7 - 0,9	+ 1,9 - 1,0
2,5 – 4,0	+ 1,5 - 0,7	+ 1,6 - 0,8	+ 1,7 - 0,9	+ 1,9 - 1,0	+ 2,1 - 1,1
4,0 – 6,3	+ 1,6 - 0,8	+ 1,7 - 0,9	+ 1,9 - 1,0	+ 2,1 - 1,1	+ 2,4 - 1,2
6,3 – 10,0	+ 1,7 - 0,9	+ 1,9 - 1,0	+ 2,1 - 1,1	+ 2,4 - 1,2	+ 2,5 - 1,5
10,0 – 16,0	+ 1,9 - 1,0	+ 2,1 - 1,1	+ 2,4 - 1,2	+ 2,5 - 1,5	+ 3,0 - 1,5
16,0 – 25,0	+ 2,1 - 1,1	+ 2,4 - 1,2	+ 2,5 - 1,5	+ 3,0 - 1,5	+ 3,5 - 1,5
25,0 – 40,0	+ 2,4 - 1,2	+ 2,5 - 1,5	+ 3,0 - 1,5	+ 3,5 - 1,5	+ 3,5 - 2,0
40,0 – 63,0	+ 2,5 - 1,5	+ 3,0 - 1,5	+ 3,5 - 1,5	+ 3,5 - 2,0	+ 4,0 - 2,0
63,0 – 100,0	+ 3,0 - 1,5	+ 3,5 - 1,5	+ 3,5 - 2,0	+ 4,0 - 2,0	+ 4,5 - 2,5
100,0 – 160,0	+ 3,5 - 1,5	+ 3,5 - 2,0	+ 4,0 - 2,0	+ 5,0 - 2,5	+ 5,0 - 3,0

Виконання наскрізних отворів або заглиблень у поковках, виготовлених на пресах і молотах, обов'язкове в тих випадках, коли осі отворів і заглиблень збігаються з напрямком руху повзуна преса чи баби молота, а розміри або



діаметри отворів і заглиблень більші чи дорівнюють висоті поковок, але менші 30 мм. Заглиблення роблять загальною глибиною не більше 0,8 їх діаметру. Штампувальні ухили повинні призначатись за табл. 14.7.

Таблиця 14.7

Штампувальне обладнання	Штампувальні ухили, ... ⁰	
	зовнішні	внутрішні
Молоти	7	10
Преси з виштовхувачем	5	7
Горизонтально-кувальні машини	5	7

Допуски на штампувальні ухили встановлюються у межах 0,25 значень, вказаних у табл. 14.7.

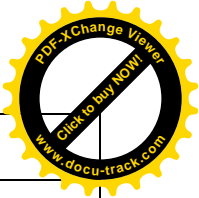
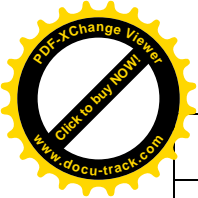
При виготовленні поковок із западинами чи наскрізними отворами на горизонтально-кувальних машинах ухили на поверхнях западин чи отворів не повинні перевищувати 3⁰.

Радіуси заокруглень зовнішніх кутів призначають на перетині поверхні поковки згідно табл. 14.8.

Внутрішні радіуси заокруглень призначають у 3 – 4 рази більше прийнятих для даної поковки зовнішніх радіусів. Внутрішні радіуси заокруглень $r \cong 3R$

Таблиця 14.8

Маса поковки, кг	Найменші радіуси заокруглень R, мм при глибині порожнини рівчака штампу, мм			
	до 10	вище 10 до 25	вище 25 до 50	вище 50
До 1,0	1,0	1,5	2,0	3,0
Вище 1,0 до 6,0	1,5	2,0	2,5	3,5
Вище 6,0 до 16,0	2,0	2,5	3,0	4,0
Вище 16,0 до 40,0	2,5	3,0	4,0	5,0



Вище 40,0 до 100,0	3,0	4,0	5,0	7,0
Вище 100,0	4,0	5,0	6,0	8,0

Перемички під прошивання. Наскрізний отвір при штампуванні одержати не можливо, тому залишають перемичку (внутрішній облой), що надалі обрізають. Товщина перемички, мм:

$$S = 0.45 \sqrt{D - 0.25h - 5} + 0.6\sqrt{h}, \quad (14.2)$$

де: D – діаметр отвору, мм; h – його глибина, мм.

Облой. При штампуванні у відкритому штампі передбачено кільцевий зайвий метал (облой). Основна характеристика облойної канавки – товщина облою в містку h_3 , за якою визначають решту розміри облойної канавки згідно табл. 14.9 і (рис. 14.6).

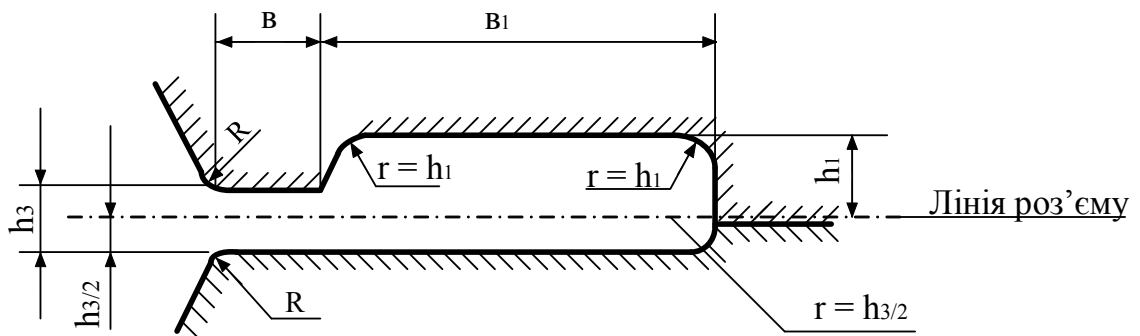


Рис. 14.6. Розміри облойної канавки (див. табл. 14.9)

Для круглих у плані поковок діаметром D_n :

$$h_3 = 0,015 D_n; \quad (14.3)$$

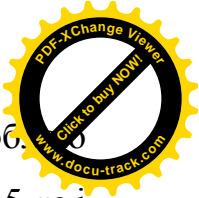
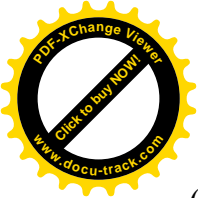
для поковок довільної в плані форми площиною F_n

$$h_3 = 0,015 \cdot \sqrt{F_n}; \quad (14.4)$$

Округливши результат, за табл. 14.9 підбирають найближче значення h_3 .

Об'єм облою визначають, виходячи із його форми і розмірів (із достатньою для практичної мети точністю) за наближеною формулою, мм:

$$V_{об} = \xi \cdot S_{з.к} [P_n + k(b + b_1)] \quad (14.5)$$



де: ξ – коефіцієнт, який враховує ступінь заповнення канавки для облю (для круглих поковок $\xi = 0,3$ – при масі поковок до 1 кг; 0,4 – при масі 1...5 кг і 0,5 – при масі вище 5 кг);

$S_{з.к.}$ – площа поперечного перерізу канавки для облю, $см^2$ (визначається за табл. 14.9);

P_n – периметр поковки по лінії рознімання, $мм$;

κ – коефіцієнт, який враховує форму поковки (для поковок з витягнутою віссю $\kappa = 4 - 6$; для круглих у плані $\kappa = 2$, для квадратних у плані $\kappa = 4$; для поковок типу хрестовин $\kappa = 6 - 8$);

b і b_1 – ширина, відповідно, містка і магазину канавки (див. рис. 14.6)

Початкові розміри і масу заготовки для штампування розраховують аналогічно розмірам і масі заготовки для кування.

Таблиця 14.9

h_3 мм	h_1 мм	Найменший радіус заокруглення R, мм при глибині рівчача, мм			b мм	b_1 мм	Площа поперечного перерізу канавки для облю $S_{з.к.}, см^2$
		до 20	20...40	вище 40			
0,6	3	1	1	1,5	6	188	0,52
0,8	3	1	1,5	1,5	6	20	0,69
1	3	1	1,5	2	7	22	0,8
1,6	3,5	1	1,5	2	8	22	1,02
2	4	1,5	2	2,5	9	25	1,36
3	5	2	2	2,5	10	28	2,01
4	6	2	2,5	3	11	30	2,68
5	7	2	2,5	3	12	32	3,43
6	8	2,5	3	3,5	13	35	4,35
8	10	3	3,5	4	14	38	6,01
10	12	3	3,5	4	15	40	7,68



Об'єм початкової заготовки:

$$V_3 = V_n + V_{об} + V_{уг}, \quad (14.6)$$

де: V_n , $V_{об}$, $V_{уг}$ – відповідно об'єм поковки з урахуванням припусків і напусків, об'єм облою і втрат на угар.

Початкові розміри заготовки визначають виходячи зі співвідношення між діаметром D і довжиною заготовки L

$$1,2 \leq \frac{L}{D} \leq 2,5$$

Обладнання для штампування вибирають із залежності від маси поковок табл. 14.10.

У (додатку Г) наведено приклад складання креслення поковки для об'ємного штампування.

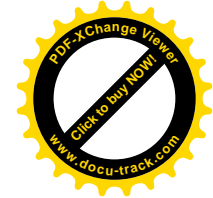
Схема і розміри шестерні, маточини і зірочки наведено у (додатку Д).

Таблица 14.10

Маса поковок, кг	До 1	1 – 2	2 – 6	3 – 9	7 – 18	10 – 30	15 – 45	30 – 65	50 – 100	75 – 150
Маса падаючих частин штампувальн	630	1000	1600	2000	3150	4000	5000	6300	8000	10000

14.2. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися із загальними принципами конструювання поковок, виготовлених куванням і об'ємним штампуванням.
2. Ознайомитися із робочим кресленням деталі і виконати його.
3. Для поковки, виготовленої куванням:
 - а) визначити припуски, допуски і напуски;
 - б) розробити креслення поковки;
 - в) вибрати обладнання;
 - г) розрахувати масу деталі;
 - д) визначити початкові розміри і масу заготовки;
 - е) визначити коефіцієнт використання матеріалу;



ж) вибрати операції кування і послідовність їх переходів.

4. Для поковки, виготовленої об'ємним штампуванням:

а) вибрати спосіб об'ємного штампування і площини розніму;

б) визначити припуски, допуски, напуски;

в) розробити креслення поковки;

г) вибрати обладнання;

д) визначити початкові розміри і масу заготовки.

5. Порівняти значення коефіцієнту використання матеріалу при куванні та штамповці.

Зміст звіту

1. Креслення деталі.

2. Креслення поковки, виготовленої вільним куванням.

3. Креслення поковки, виготовленої об'ємним штампуванням.

4. Розрахунок і обґрунтування вибору всіх даних, необхідних для розробки креслення поковки.

5. Обґрунтування вибору обладнання.

6. Розрахунок розмірів і маси заготовок для кування і об'ємного штампування.

7. Визначення коефіцієнта використання матеріалу при виготовленні поковки куванням і об'ємним штампуванням.

8. Висновки.

Контрольні запитання

1. Які принципи покладено в основу конструювання поволок?

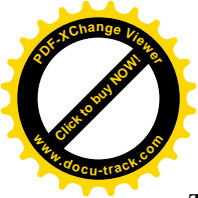
2. В яких межах встановлюються допуски для поволок?

3. В яких випадках виконання наскрізних отворів або заглиблень у поволоках є обов'язковим?

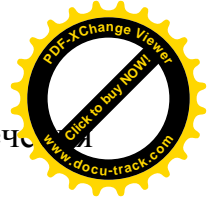
4. Як розраховують масу деталі?

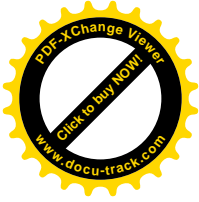
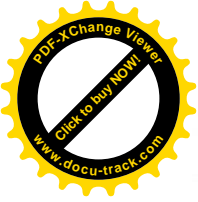
5. Що взято за основу для розробки креслення поволок?

6. В яких випадках вказують на кресленнях поволок припуски?



7. Яких основних умов необхідно дотримуватись для забезпечення технологічності деталей, одержаних куванням?





Частина IV

ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Лабораторна робота № 15

РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РУЧНОГО ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

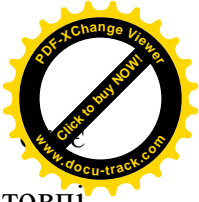
Мета роботи – ознайомитися з основами ручного дугового зварювання, властивостями зварювальної дуги, конструкцією та роботою зварювального обладнання; навчитися визначати характеристики режимів ручного дугового зварювання та отримати практичні навички з електродугового зварювання.

15.1. Основі положення і зміст роботи

Зварюванням називається процес отримання нероз'ємних з'єднань встановленням міжатомних (міжмолекулярних) в'язків між частинами, що з'єднуються при їх нагріванні чи пластичному деформуванні (або при спільній дії обох факторів).

Електродуговим розрядом у газах називається стабільний розряд електрики в іонізованій атмосфері газу або парів металу. Іонізація дугового проміжку відбувається під час запалювання дуги і безупинно підтримується в процесі її горіння. Запалювання дуги йде, як правило, у три етапи: коротке замикання електрода на заготовку, відвід електрода на відстань 3 – 6 мм і виникнення стійкого дугового розряду.

Коротке замикання виконується для розігріву торця електрода і заготовки в зоні її контакту з електродом. Після відводу електрода з його розігрітого торця (катода) під дією електричного поля починається емісія електронів. Сутичка електронів, які швидко рухаються у напрямку анода, із молекулами газів і парів



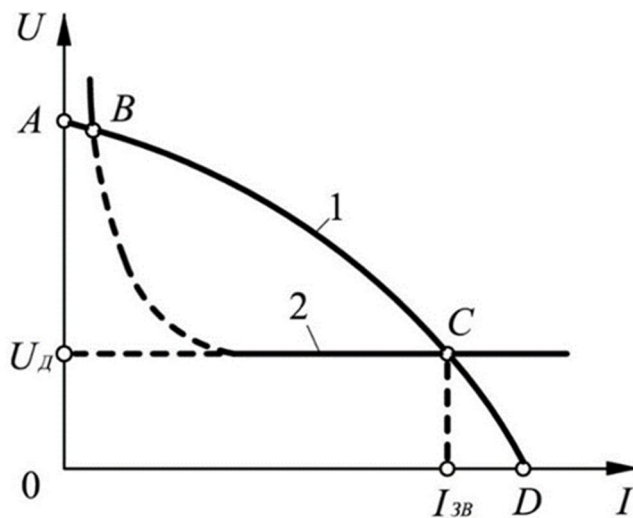
металу призводить до їхньої іонізації. При цьому дуговий проміжок електропровідним і через нього починається розряд електрики. У стовпі зварювальної дуги утворюється температура 6000 – 8000°С.

Електричні властивості дуги описуються її статичною вольт-амперною характеристикою, яка становить залежність між напругою на дузі та силою зварювального струму. При ручному дуговому зварюванні застосовується дуга з жорсткою характеристикою, коли напруга практично не залежить від струму.

Джерела зварювального струму

Джерела струму для живлення зварювальної дуги повинні мати спеціальну зовнішню характеристику. Зовнішньою характеристикою джерела називається залежність напруги на його вихідних клеммах від струму електричного ланцюга.

Для ручного дугового зварювання кращі результати дає спадна зовнішня характеристика 1 (рис. 15.1). напруга між електродом і деталями перед початком зварювання називається напругою холостого ходу U_{xx} (точка А) і дорівнює звичайно 60 – 80 В. Для запалювання дуги електрод торкається деталей, які зварюються. У зварювальному електричному колі виникає коротке замикання (точка D). Момент запалювання (виникнення) відповідає точці В, проте такий стан дуги нестабільний, і він швидко переходить у стабільний (точка С), який відповідає власне процесу зварювання та характеризується напругою на дузі U_d та силою зварювального струму $I_{зв}$.



- А – точка холостого ходу.
- В – точка запалювання дуги.
- С – точка стабільного горіння дуги.
- Д – точка короткого замикання.

Рис.15.1. Зовнішня характеристика струму(1) і вольт-амперної характеристики дуги (2)

Розрізняють дугове зварювання на змінному і постійному струмах; плаве і неплавким електродами; ручне, автоматичне і механізоване; відкритою дугою, під шаром флюсу, у захисних газах. Ручне дугове зварювання здійснюється відкритою дугою, яка горить між деталлю і електродом на постійному або змінному струмах.

Для живлення зварювальної дуги застосовують джерела постійного струму зварювальні перетворювачі та генератори типу ПСО, ПСУ, АСВ, АСД, а також зварювальні випрямлячі типу ВСС, ВКС, ВСУ, ВС та ін.

При зварюванні на змінному струмі джерелом живлення є зварювальні трансформатори типу ТС, ТД, СТШ, СНТ, ТСД та ін.

Найбільш просту схему мають зварювальні трансформатори з окремим дроселем. Тип ЗТЕ, що складається з трансформатора 1 і дроселя 2, включеного послідовно в зварювальний ланцюг (рис. 15.2). Трансформатор знижує напругу мережі до напруги холостого ходу (60 – 80 В), а дросель, що має підвищений індуктивний опір, служить для одержання спадної зовнішньої характеристики. При проходженні змінного струму через обмотку дроселя у ній збуджуються сили самоіндукції, спрямовані протилежно основному струмові. У результаті падіння напруги на дроселі джерело зварювального струму одержує спадну вольт-амперну характеристику.

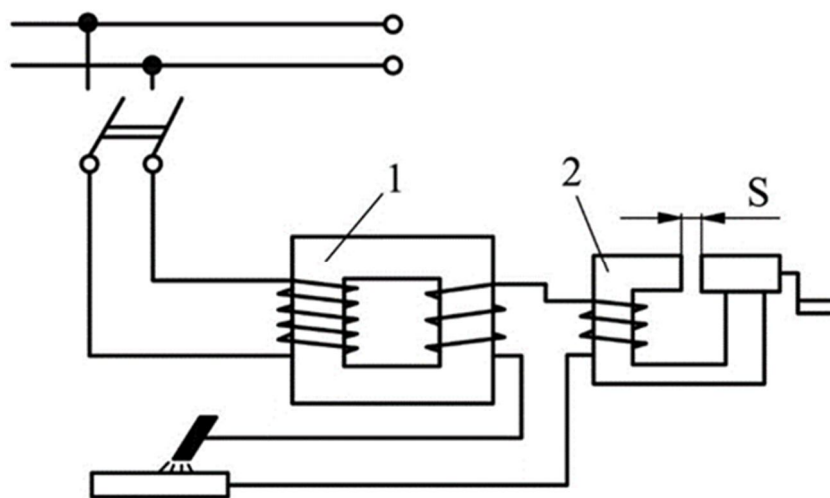


Рис. 15.2. Схема трансформатора ЗТЕ

Дросель призначений також для плавного регулювання зварювального струму шляхом зміни повітряного проміжку в його осерді. Так, наприклад, зі збільшенням повітряного проміжку індуктивний опір дроселя зменшується, а зварювальний струм збільшується.

Подібний принцип дії має зварювальний трансформатор з дроселем, конструктивно об'єднаним в одне ціле зі знижуючим трансформатором. Це трансформатори типу ЗТН, ЗТАН, ЗТ і ТЗД (рис. 15.3).

Широко застосовуються трансформатори зі збільшеним розсіюванням і рухливою вторинною обмоткою (типу ТЗ і ТД) (рис. 15.4). У цих трансформаторах первинна 1 і вторинна 2 обмотки розсунуті щодо один одного, що обумовлює їх підвищений індуктивний опір внаслідок появи магнітних потоків розсіювання.

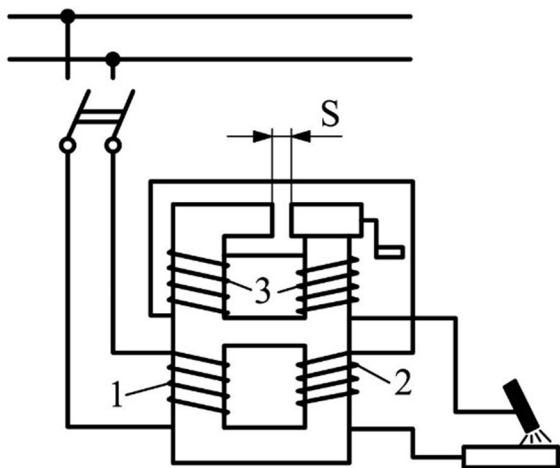


Рис. 15.3. Схема трансформатора типу ЗТН 1 – первинна обмотка; 2 – вторинна обмотка; 3 – обмотка дроселя.

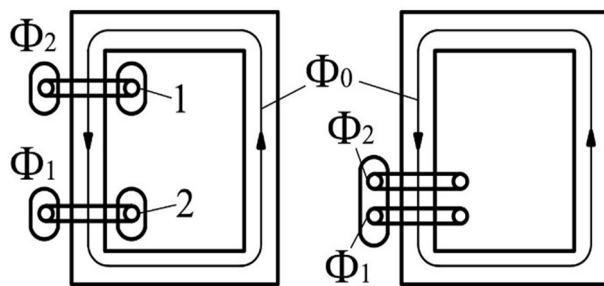


Рис. 15.4. Схема трансформатора типу ТД

При роботі трансформатора основний магнітний потік Φ_0 , який утворюється первинною і вторинною обмотками, замикається через залізне осердя (рис. 15.4). частина магнітного потоку відгалужується і замикається навколо обмоток через повітряний простір, створюючи потоки Φ_1 і Φ_2 . Потоки розсіювання

індукують у обмотках ЕРС, протилежну основній напрузі. Зі збільшенням зварювального струму збільшуються потоки розсіювання і отже, зростає індуктивний опір вторинної обмотки, що й створює зовнішню падаючу характеристику трансформатора.

Для плавного регулювання зварювального струму змінюють відстань між обмотками трансформатора. При зближенні обмоток відбувається часткове взаємне знищення протилежно спрямованих потоків розсіювання Φ_1 і Φ_2 , що зменшує індуктивний опір вторинної обмотки і збільшує зварювальний потік.

При зварюванні постійним струмом найбільш часто застосовуваним є генератор постійного струму із самозбудженням, схема якого подана на (рис.15.5).

Генератор містить у собі якір 1, який починає обертатися від електродвигуна або від двигуна

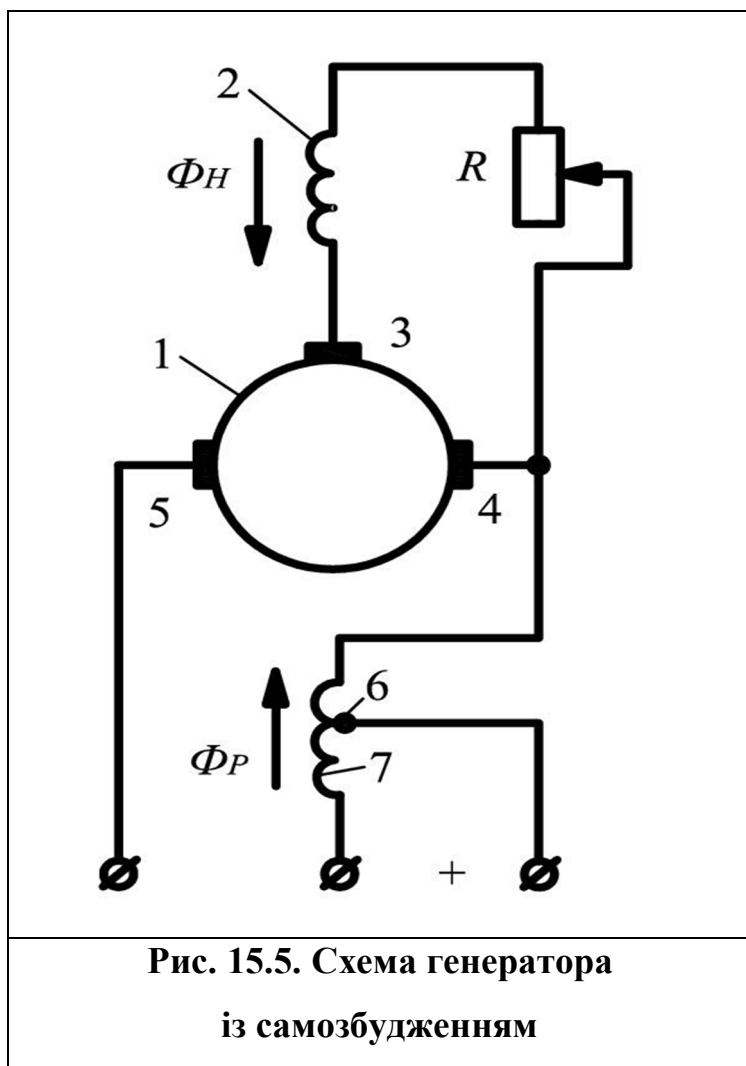
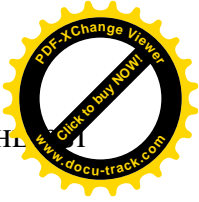
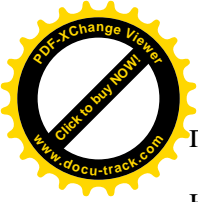


Рис. 15.5. Схема генератора із самозбудженням

внутрішнього згоряння, що намагнічує обмотку 2 і розмагнічує обмотку 3, включену послідовно в ланцюг зварювального струму. При цьому потік Φ_H , що намагнічує, не залежить від навантаження, а потік Φ_P , що розмагнічує, зростає зі збільшенням зварювального струму. У результаті взаємодії магнітних потоків генератор має спадну зовнішню вольт-амперну характеристику. Зварювальний струм регулюють грубо шляхом секціонування витків обмотки 3 або зсувом щіток по колектору;



плавне регулювання здійснюється за допомогою реостата R в ланці намагнічувальної обмотки 2.

Дуже зручним джерелом струму є зварювальний випрямляч (рис. 15.6), який складається з трифазного знижувального трансформатора 1, блока кремнієвих випрямлячів 2 і дроселя 3.

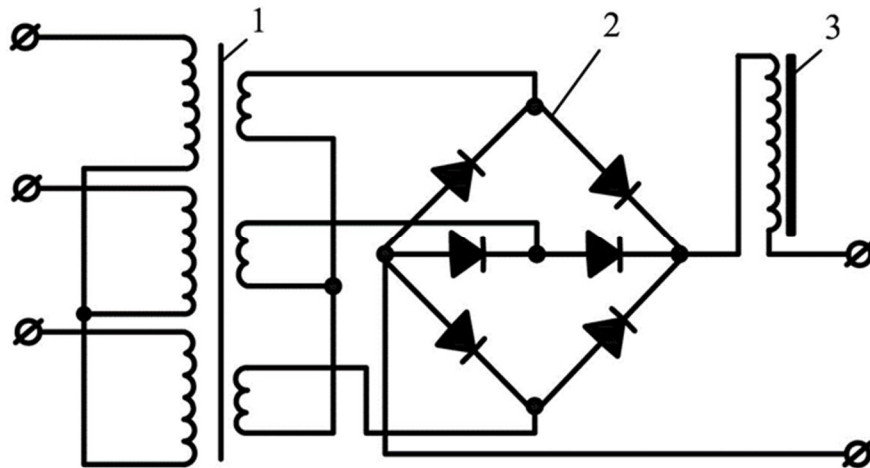


Рис. 15.6 Схема трифазного випрямляча

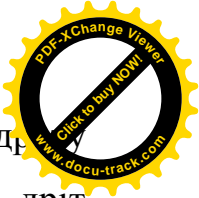
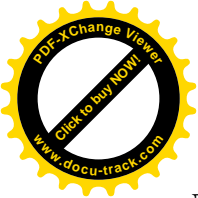
Дросель служить для одержання спадної зовнішньої характеристики. Зварювальні випрямлячі забезпечують стабільність горіння дуги, прості і надійні в експлуатації, безшумні. Для запобігання перегріву напівпровідників їх охолоджують вентиляторами.

Маркування обладнання для дугового зварювання

Основні марки серійного устаткування для дугового зварювання – зварювальні трансформатори – ТД306У2, ТДМ-251У2, ТД-500-4У2, ТДМ-317У2, ТДМ-401У2, ТДМ-203У2, ТДМ-502У3. Букви ТД означають трансформатор однофазний для дугового зварювання, М – із механічним регулюванням зварювального струму, дві цифри – номінальний струм, третя – цифра – модифікація, У – кліматичне виконання, цифра – категорія розміщення.

Зварювальні випрямлячі: СД-201У3, СД-306У3, СД – 502-2У3, БДГ-601У3, СДУ-505У3, СДУ-1201У3. СД – випрямляч для дугового зварювання, Г – газоелектричне різання, У – універсальний.

Зварювальні електроди. Маркування електродів

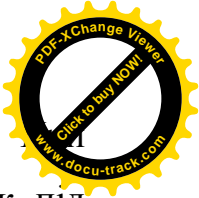
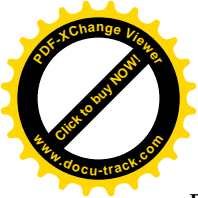


За ДСТУ/ГОСТ 14111:2009 передбачається 56 марок зварювального дроту діаметром 0,3 – 12 мм. Для зварювання вуглецевих сталей застосовують дріт марок Зв-08, Зв-08Г, Зв-10ГС. Для зварювання легированих сталей застосовують дріт приблизно того ж складу, що виріб, який зварюється. Букви «Зв» означають слово «зварювальний», цифра – кількість вуглецю у сотих відсотках (%).

Класифікація електродів.

- За типом покриття електроди бувають:
 - з тонким стабілізуючим покриттям, що складається з крейди, води і силікатного клею. Застосовуються для зварювання невідповідальних виробів;
 - із товстим покриттям (якісні електроди), яке складається зі стабілізуючих, газоутворюючих, шлакоутворюючих, розкисляючих та зв'язуючих компонентів.
- За хімічним складом шлаків електродні покриття розподіляють на кислі та основні.
- За призначенням електроди поділяють на чотири класи: для зварювання вуглецевих і легированих конструкційних сталей; для зварювання теплотривких сталей; для зварювання високолегированих сталей; для наплавлення поверхневих шарів з особливими властивостями.

Електроди для зварювання конструкційних сталей позначають буквою Э і цифрою, що вказує межу міцності на розтяг наплавленого металу. Електроди для зварювання високолегированих сталей позначають буквами ЭА або ЭФ (аустенітні або феритні) з додатковою вказівкою складу електродного дроту. Наприклад: ЭА-3М6 (0,3% вуглецю, 6% молібдену). Наплавлювальні електроди позначаються буквами ЭН із вказівкою складу наплавлень і твердості. Наприклад: ЭН-У30Х28С4Н4-50. ЭН – електрод наплавлювальний, У30 – 3% вуглецю, Х28 – 28% хрому, С4 – 4% кремнію, Н4 – 4% нікелю, 50 – твердість НРС, 50. Крім типу електроду, важливою характеристикою є його торгова марка. Наприклад: УОНИ – 13/45, ОММ – 5, ПЛ – 18, ПЛ – 10 та ін.



При товщині сталі до 6 мм вироби зварюють без зняття крайок. великій товщині роблять одностороннє або двостороннє зняття крайок під кутом 60°С. При понад 10 мм зварюють багат шаровим швом. Ручне зварювання застосовують при виготовленні виробів із товщиною до 30 мм.

Зварювання чавуну найбільш часто застосовується для виправлення дефектів виливків і при ремонтних роботах. Гаряче зварювання застосовується в тих випадках, коли після зварювання шов піддається обробленню різальним інструментом або повинен мати міцність не нижче основного металу. При гарячому зварюванні чавуну знімають крайки шву і підігрівають основний метал до яскраво-червоного кольору (650°С). Після зварювання повільно охолоджують.

При холодному електричному зварюванні чавуну застосовують сталеві електроди з підвищеним складом вуглецю, кремнію (3,4 – 3,6%), а також електродами з монель-металу (сталь із 30% міді).

Розрахункова частина

1. За варіантом, наданим викладачем, визначаємо основні геометричні параметри з'єднання та розраховуємо діаметр електроду:

$$d_e = \frac{S}{2} + 1, \text{ мм}$$

де: S – товщина виробу, мм.

2. Згідно з вибраним діаметром електрода визначити силу зварювального струму:

$$I_{зв} = k \cdot d_e, \text{ А,}$$

де: k – щільність струму, яка дорівнює 40 – 60 А на 1 мм діаметра електрода.

3. Визначити площу поперечного перерізу шва. Для визначення площі зварного шва складної конфігурації його рекомендується поділити на прості геометричні фігури, визначити їх площу, а потім підсумувати.

4. Визначити масу наплавленого металу:



$$q_m = S_{ш} \cdot L \cdot \gamma,$$

де: q_m – маса наплавленого металу, г;

$S_{ш}$ – площа поперечного перерізу шва, см²;

L – довжина шва, см;

γ – щільність наплавленого металу, г/см³; для сталі $\gamma = 7,8$ г/см³.

5. По масі наплавленого металу визначити витрати електродів:

$$q_e = q_m \cdot (1 + k_B),$$

де: k_B – коефіцієнт витрат, $k_B = 0,31$.

Витрати електродів та електродного дроту (q_e) підраховують з урахуванням витрат на: огарки – 10 – 15%; угар та розбризкування – 5 – 10%; шлакоутворення при застосуванні електродів зі стабілізуючим покриттям та якісних електродів дорівнює 18 – 35% від маси електродів. У середньому витрати електродів зі стабілізуючим покриттям становлять 17 – 31%, якісних електродів – 33 – 66%. Таким чином, коефіцієнт витрат (k_B) становить: для стабілізуючих покриттів – 0,17 – 0,31%, для якісних – 0,33 – 0,66%.

6. Визначивши масу наплавленого металу, можна розрахувати технологічний час зварювання на подану довжину та на один погонний метр зварного шва.

Технологічний час або час горіння дуги та плавлення електроду визначається за формулою (15.1):

$$T_o = \frac{q_m}{I_{зв} \cdot k_H}, \text{ год} \quad (15.1)$$

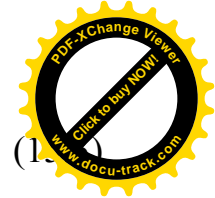
де: T_o – технологічний час, год;

k_H – коефіцієнт наплавлення, г/А для якісних електродів $k_H = 10-12$ г/А·год.; для стабілізуючих – $k_H = 8$ г/А·год.

7. Швидкість зварювання визначається за формулою (15.2):

$$V_{зв} = \frac{L}{T_o}, \text{ м/год.} \quad (15.2)$$

8. Довжина дуги визначається в залежності від діаметра електрода:



$$l_D = 0,8d_e, \text{ мм} .$$

9. Напряга дуги визначається в залежності від довжини дуги:

$$U_D = \alpha_{ак} + \beta_D \cdot l_D, \text{ В}, \quad (15.4)$$

де: $\alpha_{ак}$ – величина падіння напруги на аноді та катоді дуги, незалежна від довжини дуги, дорівнює 10 – 12 В;

β_D – середнє падіння напруги на 1 м довжини дуги, дорівнює 2 – 3 В.

10. Витрати електроенергії визначають за формулою:

$$P_e = \frac{U_D \cdot I_{зв} \cdot T_o}{\eta \cdot 1000} + P_{xx} (0,1 \dots 0,3 T_o), \text{ кВт/год}, \quad (15.5)$$

де: η – коефіцієнт корисної дії джерела живлення дуги (η трансформатора 0,8 – 0,96 – для струму 100 – 450 А);

P_{xx} – потужність холостого ходу джерела живлення дуги, трансформатора $P_{xx} = 0,2 - 0,4$ кВт; генератора $P_{xx} = 2 - 3$ кВт.

У середньому витрата електроенергії на 1 кг наплавленого металу буде: при ручному зварюванні на змінному струмі – 3,4 – 4,5 кВт/год.; при ручному зварюванні на постійному струмі – 7 – 8 кВт/год. При зварюванні металу, товщина якого становить 10 – 30 мм діаметр електроду приймають рівним 5 – 6 мм та число шарів наплавленого металу 3 – 18.

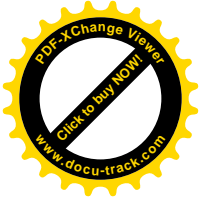
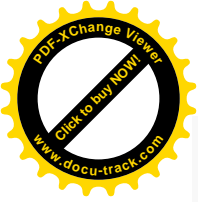
15.2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити та замалювати схеми трансформатора та генератора, вольт-амперну характеристику.
2. Записати типи електродів, їх класифікацію і маркування.
3. Замалювати ескіз зварного шва (за індивідуальним завданням).
4. Зробити розрахунок режимів зварювання за індивідуальним завданням.
5. На додатковому допоміжному зразку відпрацювати методику запалювання дуги та виконати зварювальний шов. Зробити розрахунок режимів електрозварювального шва.

Контрольні запитання



1. Який склад і маркування електродного дроту?
2. Типи покриттів електродів. Які речовини входять до складу якісних та тонких покриттів?
3. Які вольт-амперні характеристики застосовуються при ручному дуговому зварюванні?
4. Які типи трансформаторів застосовуються при зварюванні?
5. Які методи грубого регулювання струму застосовуються на трансформаторах? Як плавно регулюється сила струму на трансформаторах?
6. Як здійснюється грубе та плавне регулювання струму на генераторі постійного струму?
7. Як вибирають режими електродугового зварювання?
8. Охорона праці та правила безпечних засобів електродугового зварювання.



Частина IV

ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Лабораторна робота № 16

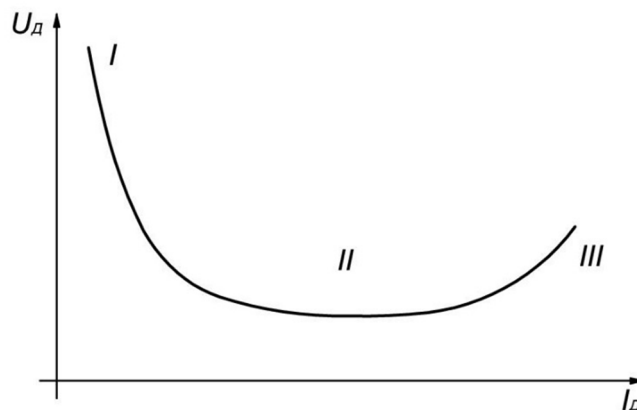
ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ДУГИ

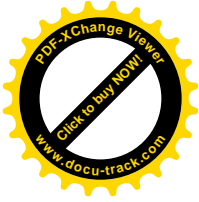
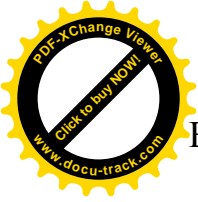
Мета роботи – дослідити вплив на ВАХ зварювальної дуги, її довжини, полярності електроду та виробу на процес зварювання та визначити основні розрахункові залежності.

16.1. Основні положення і зміст роботи

Вольт-амперною характеристикою електричної дуги називають залежність між струмом дуги і напругою на ній ($U_D = f(I_D)$) при незмінній довжині розрядного проміжку ($I_D = \text{const}$), а залежність між напругою і струмом джерела живлення дуги називають зовнішніми характеристиками джерела живлення.

У загальному випадку на ВАХ зварювальної дуги (рис. 16.1) можна виділити три характерні ділянки (I, II, III). На ділянці I вона є крутоспадною, на ділянці II – жорсткою, а на ділянці III – зростаючою. У зварювальній техніці найчастіше застосовуються режими горіння дуги, яким відповідають ділянки





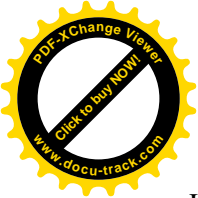
ВАХ, де вони є жорсткими.

Рис. 16.1. Вольт-амперна характеристика зварювальної дуги

Дуговий розряд виникає у газових середовищах та парі лише тоді, коли при певних умовах напруга на розрядному проміжку досягає значення, яке називається напругою запалювання дуги (U_3). Це значення напруги суттєво залежить від роботи виходу електронів з катоду $A_{вих}$ і дуже знижується у разі його нагрівання, оскільки тоді швидко зростає інтенсивність термоелектронної емісії. Завдяки емісії електронів з катоду, а також іонізації газу чи пари, які у звичайному стані є діелектриками, електричне зварювальне коло замикається і у ньому під дією напруги джерела живлення виникає струм. А для того, щоб виникаючий розряд був дуговим, інтенсивність електронної емісії і ступінь іонізації розрядного проміжку повинні бути досить високими.

Під час початкового збудження дуги напруга на розрядному проміжку навіть за невеликої його довжини для досягнення достатньої інтенсивності емісії з холодного катоду (електроду) повинна досягати 3000 – 6000 В і більше. Тому для збудження дуги при досить низькій напрузі (значно менше 100 В) найчастіше зварювальну дугу запалюють короткочасним дотиком електроду до виробу або коротким замиканням розрядного проміжку додатковим електродом.

Велика кількість електронів, що випускаються нагрітим у результаті короткого замикання електроду, прискорюється електричним колом і спричиняє в розрядному проміжку ударну іонізацію багатьох атомів і молекул газу (пари), що в свою чергу, призводить до лавиноподібного зростання інтенсивності процесу ударної іонізації. В результаті електричний опір біля катодної області та всього розрядного проміжку зменшується настільки різко, що падіння напруги на ньому, тобто напруга на дузі $R_D I_D = U_D$ знижується навіть більше, ніж зростає струм. Цим і пояснюється те, що ділянка ВАХ дугового розряду є крутоспадною. Для ділянки II, де ВАХ є жорсткою, вже $R_D I_D = U_D \approx const$.



Зі збільшенням розрядного проміжку l_D значення напруги на ньому, необхідні як для запалювання, так і для горіння дугового розряду, збільшуються, тобто чим більшою є довжина дуги, тим вищим є положення ВАХ на графіку (рис. 16.2).

Істотно впливає на ВАХ зварювальної дуги зміна полярності виробу і електроду, оскільки вони під час горіння дуги мають різний тепловий стан, а матеріали, з яких вони виготовлені, відрізняються значеннями роботи виходу електронів.

Для ділянок ВАХ, де вони є жорсткими, залежність між напругою і довжиною дуги визначається так:

$$U_D = a \cdot b \cdot l_D,$$

де: U_D – напруга на дузі, В;

l_D – довжина дуги, мм;

a і b – коефіцієнти, які залежать від матеріалу електроду, складу газового середовища та інших факторів.

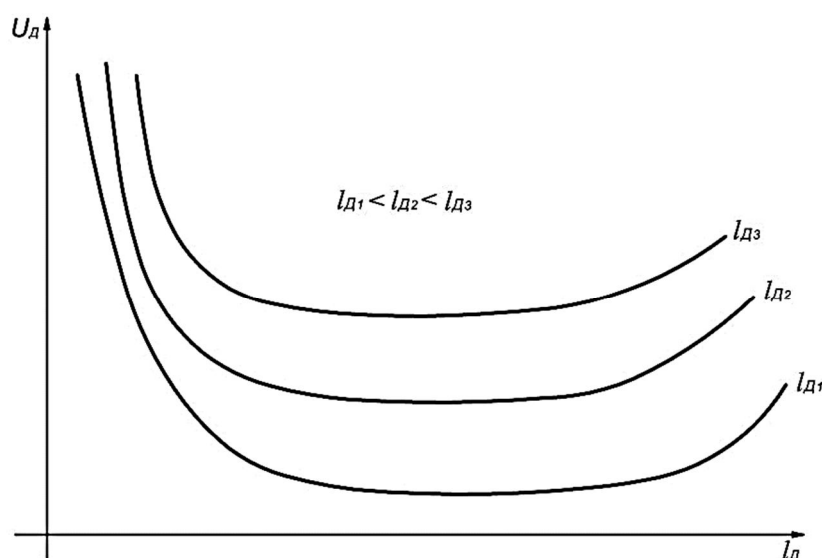


Рис. 16.2. Вольт-амперні характеристики зварювальної дуги при різних її довжині ($l_{D1} < l_{D2} < l_{D3}$)

У разі зварювання сталевими електродами в атмосфері повітря:

$$a = 10, b = 2 \text{ В/мм.}$$

Сталим горіння зварювальної дуги стає лише тоді, коли напруга джерела живлення повністю урівноважується падінням напруги на дузі, оскільки тоді $i_D = I_D = \text{const}$, $di/dt = 0$, де i – миттєве значення струму дуги, t – поточний час. При цьому сталим значенням струму дуги на графіку (рис. 16.3) відповідають точки перетину ВАХ дуги і зовнішніх характеристик джерела живлення, тобто точки: 1, 1', 1'' і 2, 2', 2''. На (рис. 16.3) криві I, II, III – зовнішні характеристики джерела живлення, IV – ВАХ дуги при певних значеннях довжини розрядного проміжку. Проте стійким режимам горіння дуги відповідають лише точки 2, 2', 2''.

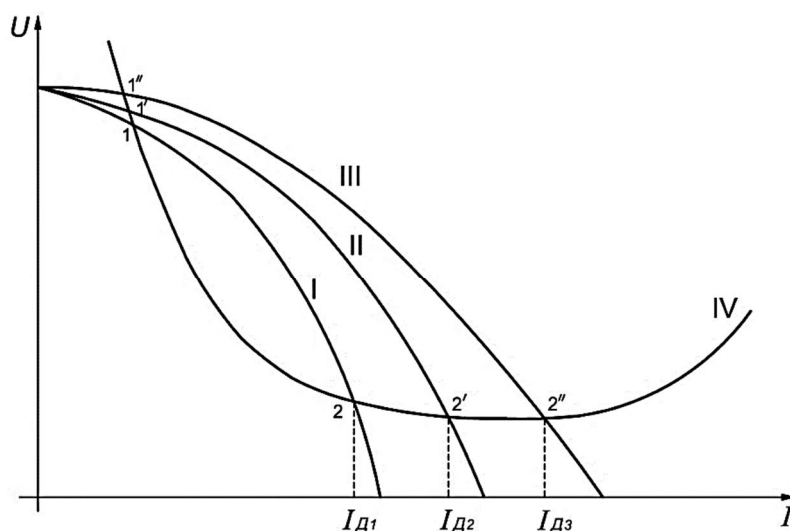
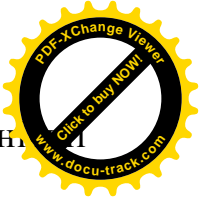


Рис. 16.3. Визначення сталих значень струму зварювальної дуги під час її горіння (I, II, III – зовнішні характеристики джерела живлення; IV – ВАХ дуги)

16.2. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з лабораторною установкою, яка складається із монтажного стола з вузлами для закріплення електродів (електроду і виробу) та регулювання довжини розрядного проміжку і універсального тиристорного зварювального випрямляча типу ВДУ-505.

Випрямляч ВДУ-505 має такі основні дані: номінальний зварювальний струм – 500 А; напруга холостого ходу – до 80 В; номінальна робоча напруга під час роботи з жорсткими зовнішніми характеристиками – 50 В; а зі спадними 46 – В; діапазон регулювання зварювального струму – 50 – 500 А, а робочої



напруги – від 18 до 50 В; первинна потужність – 10 кВА. Зовнішні характеристики цього випрямляча зображені на (рис. 16.4).

2. Встановити між неплавкими електродами певний розрядний проміжок $l_{Д1}$ і підготувати випрямляч до роботи з однією із можливих характеристик (I).

За вольтметром зафіксувати напругу холостого ходу випрямляча (U_{xx}). Короткочасним коротким замиканням розрядного проміжку додатковим електродом запалити дугу і швидко за амперметром і вольтметром випрямляча зафіксувати значення струму дуги ($I_{Д1}$) і напруги на ній $U_{Д1}$, які, як і значення напруги U_{xx} до табл.16.1.

Таблиця 16.1

№ зовнішньої х-ки джерела живлення	$I_{Д1}$, А	$U_{Д1}$, В	$U_{Д2}$, В	$P=U_{Д} \cos\varphi$ $\cos\varphi = 0,9$	U_{xx} , В
I					
II					
III					
IV					

При тому самому розрядному проміжку послідовно провести аналогічні вимірювання під час роботи випрямляча з трьома іншими зовнішніми характеристиками (II, III, IV). Результати вимірювань також занести в табл.16.1.

3. Послідовно у межах стійкості горіння дуги встановити три інші розрядні проміжки $l_{Д2}$, $l_{Д3}$, $l_{Д4}$ і для кожного з них виконати п. 2.

4. Аналогічно для одного із розрядних проміжків виміряти значення струму дуги і напруги на ній при різних полярностях електроду і виробу. Виміри занести у таблицю (подібну наведеній таблиці 16.1.).

5. За даними таблиць побудувати на одному графіку ВАХ зварювальної дуги $U_{Д} = f(I_{Д})$ для всіх вибраних значень довжини розрядного проміжку ($l_{Д1}$, $l_{Д2}$, $l_{Д3}$, $l_{Д4}$). Побудувати залежності $U_{Д}=f(I_{Д})$ для трьох значень струму дуги при

$I_d = const$ для ділянок ВАХ, де вони є жорсткими. Визначити значення коефіцієнтів a , b у співвідношенні $U_d = a \cdot b \cdot I_d$. Для цього використати співвідношення: $U_d = a \cdot b \cdot I_{d1}$, $U_d = a \cdot b \cdot I_{d2}$, $U_d = a \cdot b \cdot I_{d3}$, $U_d = a \cdot b \cdot I_{d4}$ визначити середнє для них значення цього коефіцієнту.

6. За результатами дослідів зі зміною полярності електроду і виробу у відносних одиницях визначити відмінність струмів при прямій і зворотній полярностях.

7. У письмовій формі зробити відповідні висновки за результатами всієї роботи.

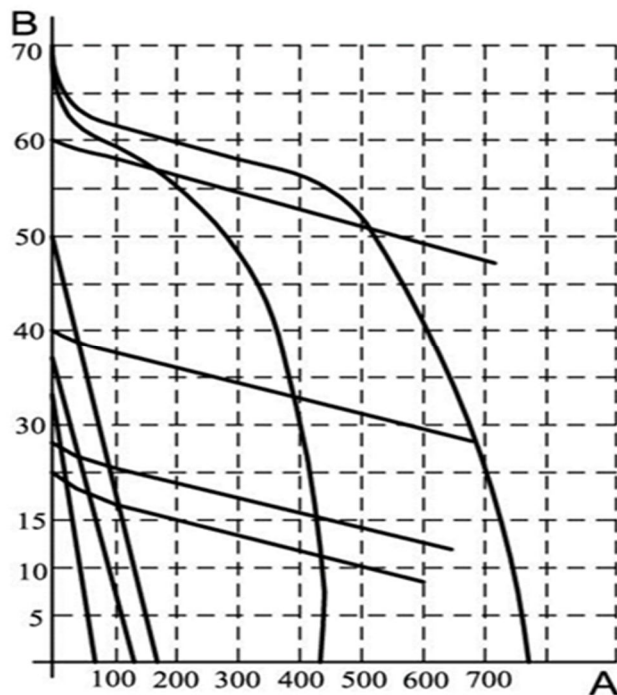
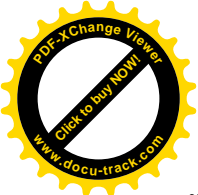


Рис.16.4. Зовнішні характеристики зварювального випрямляча ВДУ-505

Контрольні запитання

1. Які залежності називають ВАХ зварювальної дуги?
2. Які характерні ділянки можна виділити на ВАХ дуги?
3. Яким чином при досить низькій напрузі джерела живлення запалюється зварювальна дуга?
4. Які залежності називають зовнішніми характеристиками джерел живлення?

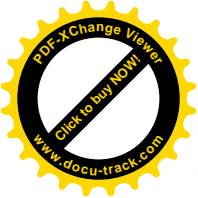


4. Як за ВАХ зварювальної дуги і зовнішніми характеристиками джерела живлення, що застосовується, визначити усталені значення струму зварювальної дуги?

5. Як впливає на ВАХ зварювальної дуги довжина дуги?

6. Назвіть основні фізичні процеси, які забезпечують запалювання і горіння зварювальної дуги?

7. Що є причиною відмінності значень зварювального струму при прямій і зворотній полярностях електроду і виробу?



Частина IV

ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Лабораторна робота № 17

РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

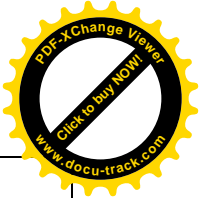
Мета роботи – вивчити будову та принцип роботи обладнання для газового зварювання. Вивчити основні види зварних з'єднань, класифікацію швів і способи газового зварювання. Вміти розраховувати основні режими газового зварювання. Засвоїти основні прийоми газового зварювання під керівництвом майстра виробничого навчання.

17.1. Основні положення і зміст роботи

Газовим зварюванням називається процес одержання нероз'ємних з'єднань при якому при нагріванні до розплавлювання крайок деталей, що з'єднуються використовують теплоту реакції згоряння суміші палих газів або їх пари з киснем.

Таблиця 17.1

Пальний газ	Максимальна температура полум'я, °C	Галузь застосування
Ацетилен	3150	Усі випадки зварювання і різання сталей, металів
Водень	2400 – 2600	Усі випадки зварювання і різання сталі, латуні, бронзи, цинкових сплавів
Метан	2400 – 2500	Зварювання латуні, бронзи, цинкових сплавів



Продовження табл.17.1

Пропан	2700 – 2800	Зварювання низьковуглецевих сталей, алюмінію, магнієвих сплавів, латуні, бронзи
Бутан	2400 – 2500	Зварювання низьковуглецевих сталей, алюмінію, магнієвих сплавів, латуні, бронзи, цинкових сплавів
Газ	2400 – 2450	Зварювання і різання сталі, чавуну, латуні, бронзи, цинкових сплавів
Бензин	2500 – 2600	Зварювання і різання сталі, чавуну, латуні, бронзи, цинкових сплавів

Одержання ацетилену

Основним способом одержання ацетилену (C_2H_2) є реакція взаємодії карбіду кальцію (CaC_2) і води (H_2O): $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2\downarrow + C_2H_2$.

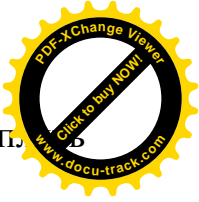
При розкладанні 1 кг хімічно чистого карбіду кальцію дає 372,5 л ацетилену. 1 кг технічного карбіду кальцію дає 230 – 280 л ацетилену. Одержання технічного ацетилену здійснюється в апаратах, які називаються ацетиленовими генераторами.

Будова і робота ацетиленових генераторів

У залежності від способів взаємодії карбіду кальцію з водою розрізняють такі типи ацетиленових генераторів: «карбід у воду» (КВ), «вода на карбід» (ВК), «контактні» (К). У залежності від тиску вироблюваного ацетилену генератори бувають: низького тиску – до 0,1 атм (до 0,01 МПа), середнього тиску 0,1–1,5 атм (0,01–0,15 МПа) і високого тиску понад 1,5 атм (понад 0,15 МПа).

За способом застосування генератори поділяються на пересувні і стаціонарні. На практиці широко використовують пересувні ацетиленові генератори ГНВ-1,25 і АСМ-1,25.

Корпус генератора ГНВ –1,25 (рис. 17.1) розділений на дві частини перегородкою. У корпус уварена реторта 9, газ з якої виходить через газовідвідну трубку 5, у реторту уварений витискувач 4. Верхня частина корпусу зв'язана з нижньою за допомогою труби 7. У реторті 9 міститься



корзина, у яку завантажують карбід кальцію. На корпусі генератора кріпиться водяний затвор 2, який з'єднують за допомогою крана і трубки з газовим простором генератора. Перед початком роботи у генератор заливають воду через верхню відкриту частину до концентрації шайби 6. Водяний затвор 2 через лійку заповнюють водою рівня контрольованого крану 1.

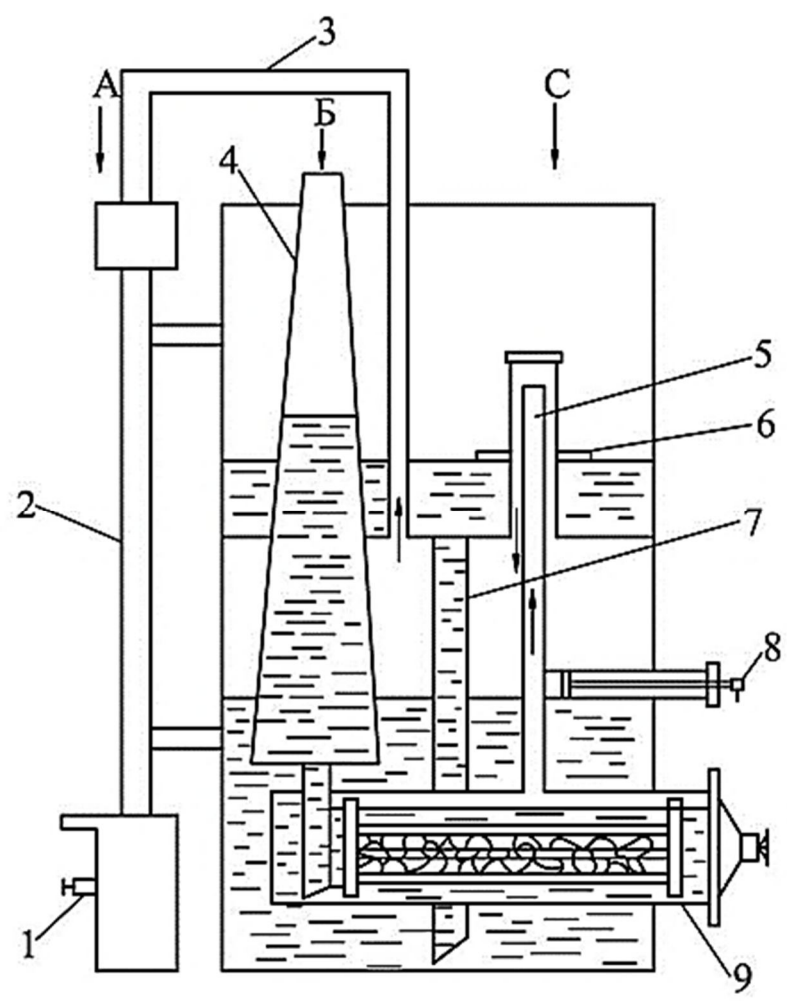


Рис. 17.1. Схема газового генератора ГНВ - 1,25

При відкриванні крана вода через отвір надходить у нижню частину реторти. Коли рівень води у реторті досягає днища корзини, піде реакція карбіду кальцію з водою з виділенням ацетилену. Ацетилен, що утворюється, по газовідвідній трубці 5 надходить у газовідвідний простір, витискаючи воду з нижньої частини у верхню. При різкому підвищенні тиску газу в реторті вода підіймається у витискувач. Рівень води у реторті понизиться нижче днища корзини і реакція виділення ацетилену припиниться.

Вона буде надходити у реторту через отвір, поки рівень води у нижній частині генератора не стане нижче 8, в результаті чого вода перестане надходити у реторту і виділення ацетилену припиниться. При подальшому надходженні ацетилену з реторти у газовий простір тиск газу в генераторі і реторті буде підвищуватися повільніше, тому що вода з реторти витискується у витискувач 4, відкритий зверху. В міру відбору газу з генератора тиск у ньому падає, вода з витискувача 4 заповнює реторту і газоутворення збільшується до 0,30–0,33 атм. (0,030–0,033 МПа), вода в нижній частині корпусу підніметься до рівня крана 8 і знову почне надходити у реторту. Процес розкладання карбіду кальцію регулюється автоматично в залежності від витрат газу.

Будова і робота водяного затвора

Кожний ацетиленовий генератор має запобіжний пристрій (замок) призначений для захисту генератора і трубопроводів від проникнення в них полум'я від пальника (зворотного удару). Запобіжник замка встановлюють між пальником або різакком і ацетиленовим генератором. Запобіжні замки можуть бути гідравлічними (водяними) і сухими.

Принцип дії водяного затвору (рис. 17.2): ацетилен по трубі 1 надходить у затвор, наповнений водою до рівня контрольного крана 5, і, пройшовши через шар води, виходить через кран 4 до пальника. Різниця рівнів у відкритій зверху

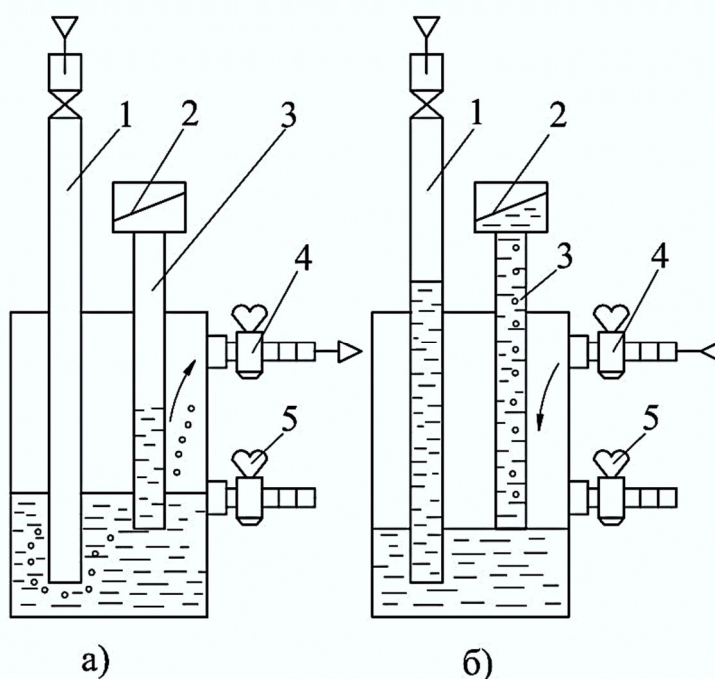


Рис. 17.2. Схема водяного затвору

а) у робочому стані; б) при зворотному ударі.

захисній трубці 3 і затворі визначає робочий тиск газу. При зворотному у
(коли полум'я від пальника йде до генератора) газова суміш надходить у затвор
через кран 4 і відтискує воду в газо підводну трубу і захисну трубку 3.
Внаслідок зниження рівня води в затворі нижній кінець захисної трубки 3
звільняється і гази виходять в атмосферу. Щиток 2 відбиває воду, яка
викидається з затвору, і повертається в затвор.

Газові балони, редуктори

Балони – це металеві судини циліндричної форми, призначені для
транспортування і збереження стиснутих зріджених і розчинених газів під
тиском вище атмосферного. Кисневий балон (рис. 17.3) являє собою сталевий
циліндр із сферичним днищем 6 і горловиною 4, у якій вмонтований запірний
вентиль 2, що при транспортуванні закривається захисним ковпаком 1. У

нижній частині до балона
прикріплений башмак 5 (для
стійкості при транспортуванні та
установки його вертикально).

Корпус балона фарбується в
різні кольори в залежності від
газу, що знаходиться в ньому. Так,
балон для кисню фарбується у
блакитний колір з написом
чорною фарбою «кисень», балони
для ацетилену – у білий колір з
написом червоною фарбою
«ацетилен».

Різні кольори фарбування
балонів запобігають заповненню
їх іншими газами, що може
привести до вибуху. Кисень
знаходиться в балонах під тиском

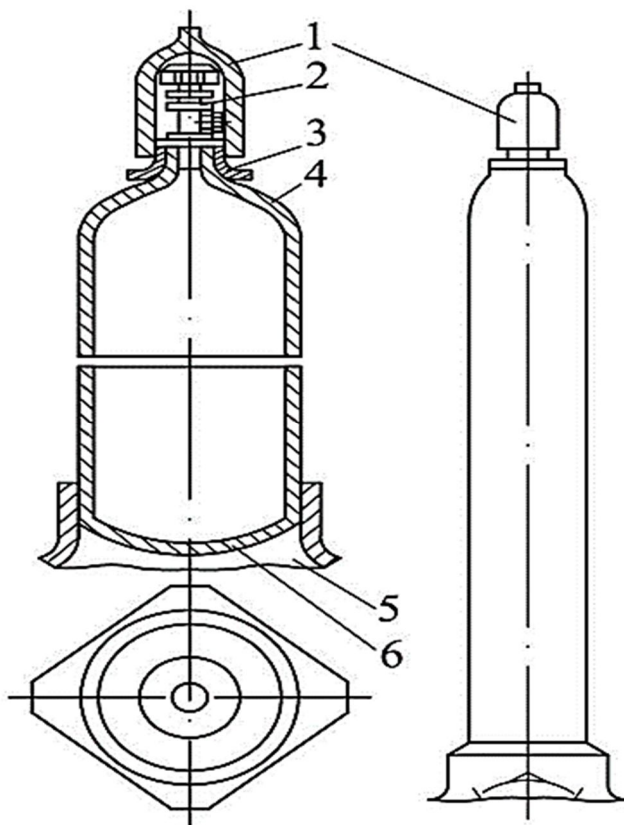
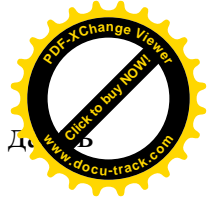


Рис. 17.3. Схема газового балону:

1 – ковпак; 2 – вентиль; 3 – кільце;
4 – горловина; 5 – башмак; 6 – днище

150 атм (15 МПа). Місткість одного балона – 40 л – це водяна ємність балону.



Приведена місткість балона (40 л) на тиск газу (150 кг/см²) у балоні дає кількість кисню в балоні, рівну 6000 л або 6 м³.

Ацетиленовий балон заповнений пористою масою (активоване деревне вугілля), просоченого ацетоном, тому що при заповненні ацетиленом порожнього балона може відбутися вибух. Робочий тиск ацетилену в балоні не повинен перевищувати 16 атм (1,6 МПа). Кількість газоподібного ацетилену у балоні складає 5320 л, або 5,3 м³. Балонні вентилялі служать запірними пристроями, що забезпечують схоронність газу. Вентиль дозволяє приєднувати до балона редуктор.

Для зниження тиску кисню до робочого (4 – 5 атм) застосовуються кисневі редуктори. Принцип дії редуктора складається в тому, що клапан 2 (рис. 17.4) знаходиться під дією двох взаємно протилежних сил: тиску запірної пружини 1

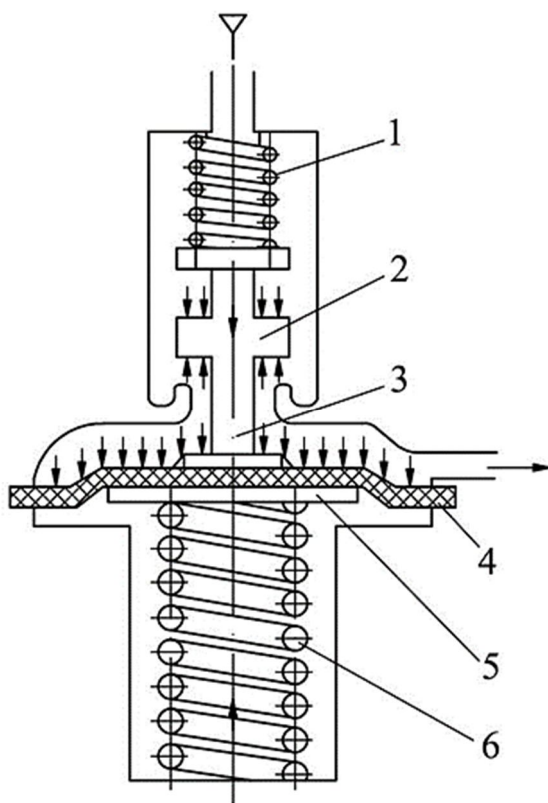
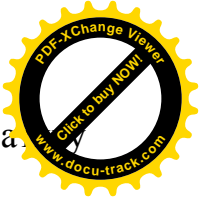


Рис. 17.4. Схема газового редуктору:

- 1 – запірна пружина; 2 – клапан; 3 – штовхач; 4 – мембрана; 5 – натискний диск; 6 – регулююча пружина.

і тиску гнучкої мембрани 4. При номінальному робочому тиску газу в камері низького тиску встановлюється рівновага запірної пружини та мембрани, що діють на клапан у протилежних напрямках. Запірний клапан 2 притискається до сідла запірною пружиною 1 і перекриває доступ із балона в редуктор газу високого тиску. На той же клапан 2 впливає через штовхач 3 гнучка мембрана 4, яка намагається його відчинити; на мембрану 4 через нажимний диск 5 – головна регулювальна пружина

6, яка намагається відчинити клапан 2, а з внутрішньої сторони камери



редуктора – газ низького тиску. Робочий тиск газу, що залежить від напруженості пружини 6, можна регулювати гвинтом і ручкою.

Редуктори для різноманітних газів відрізняються лише будовою приєднувальних частин, які відповідають будові вентиля балона для даного газу. Корпус кисневого редуктора фарбують у блакитний колір, ацетиленового – у білий. До зварювального пальника газ від редуктора подають через спеціальні гумові шланги високого тиску.

Будова і робота газових пальників і різаків

Зварювальний пальник – це пристрій, що дозволяє змішувати пальний газ з киснем і одержувати зварювальне полум'я. За способом подачі пального газу у змішувальну камеру пальники поділяються на інжекторні і безінжекторні. На сьогодні використовують практично виключно пальники інжекторного типу.

Кисень під тиском 3 – 4 атм надходить у пальник і через регульований ventиль і трубку 6 подається до інжектора 5. Виходячи з великою швидкістю з вузького клапану інжекторного конусу, кисень створює значне розрідження в камері 4 і засмоктує пальний газ, що надходить через ніпель і ventиль 7 в ацетиленові канали пальника й у камеру змішування 3, де й утвориться пальна суміш. Потім пальна суміш надходить по наконечнику 2 до мундштуку 1, на виході з якого при згорянні утворить зварювальне полум'я. Пальники мають набір із 7 наконечників: від №1 до №7, що призначені для зварювання металу різноманітної товщини.

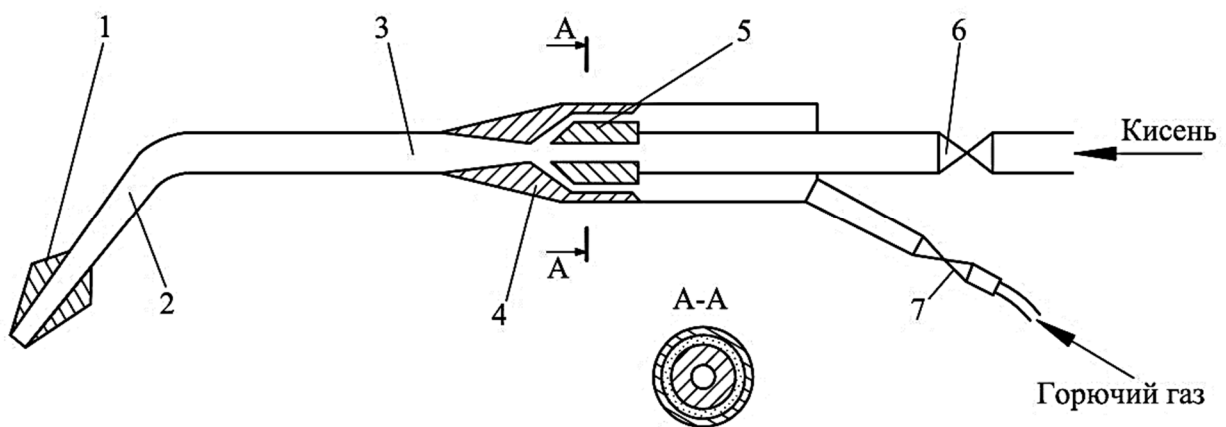


Рис. 17.5. Схема газозварювального інжекторного пальника

Зварювальне полум'я

Зварювальне полум'я утворюється при згорянні пального газу в кисні. Ацетилено-кисневе полум'я складається з трьох зон: ядра I, середньої зони II (зварювальної) і факелу III (зони повного згорання).

На (рис. 17.6) показана будова газозварювального полум'я і розподіл температури по його осі.

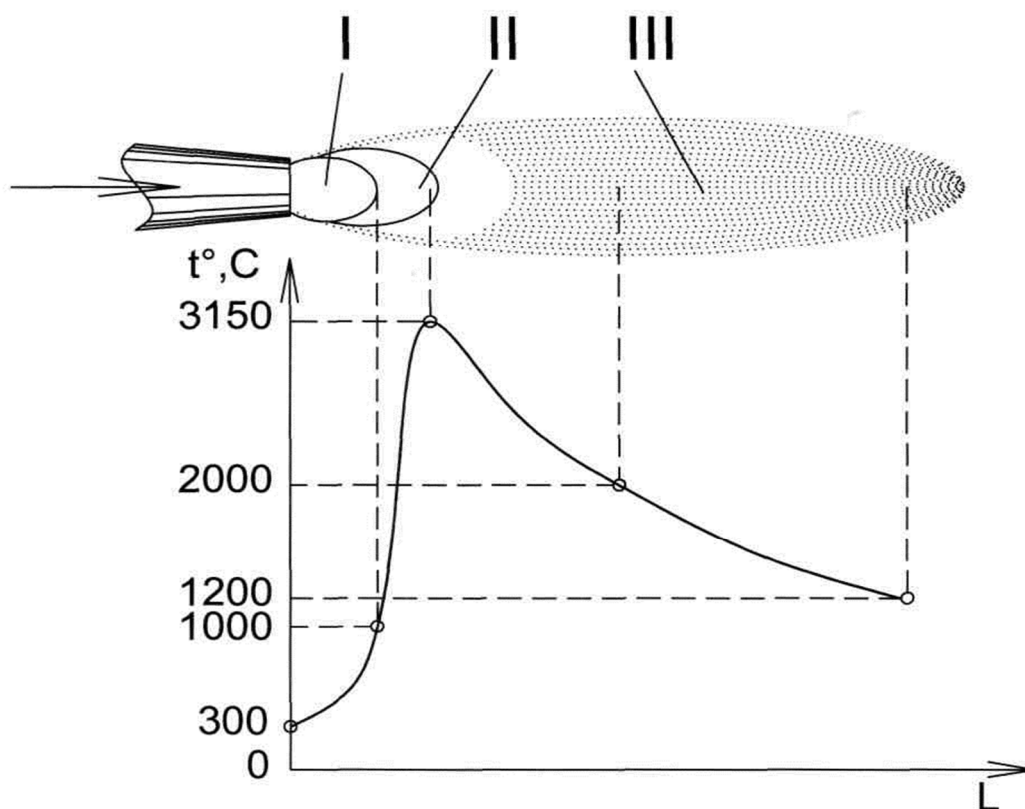


Рис. 17.6. Схема газозварювального полум'я

Полум'я пальника може бути в залежності від співвідношення $C_2H_2:O_2$:

- 1) окислювальним $O_2:C_2H_2 = 1,2-1,3$;
- 2) нормальним $O_2:C_2H_2 = 1,1-1,2$;
- 3) науглецьовувальним $O_2:C_2H_2 = 0,8-1,0$.

Від складу пальної суміші, тобто від співвідношення кисню і пального газу залежить зовнішній вигляд, температура і вплив зварювального полум'я на розплавлений метал. Найбільша температура ($3150^\circ C$) створюється в зварювальній зоні полум'я на відстані 2 – 4 мм від кінця ядра.

Види зварювальних з'єднань і швів

Розрізняють такі види зварних з'єднань: стикові, кутові, таврові, внахлест (рис. 17.7).

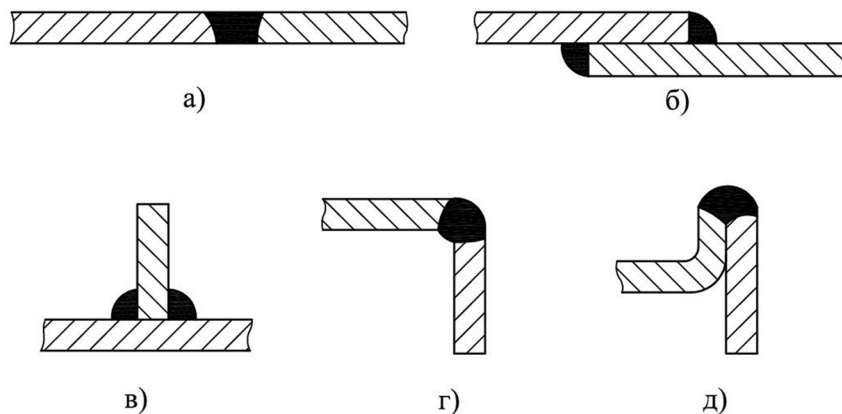
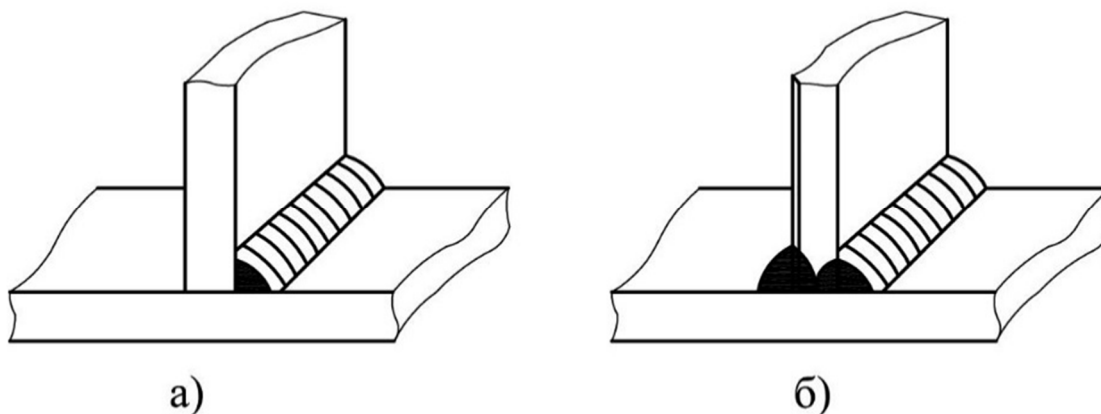


Рис. 17.7. Типи зварних з'єднань:

а – стикове; б – внахлест; в – таврове; г – кутове; д – торцеве.

За характером виконання зварні шви бувають односторонні та двосторонні

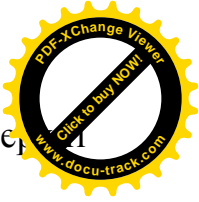
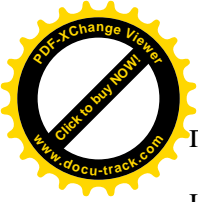


(рис. 17.8).

Рис. 17.8. Типи швів за характером виконання:

а – односторонній; б – двосторонній.

Залежно від протяжності шви поділяють на безперервні (суцільні) і переривисті, за числом шарів – на одношарові й багат шарові, за формою



поперечного перерізу – на стикові та кутові; за формою зовнішньої поверхні шви бувають посилені, нормальні, ослаблені (рис. 17.9., 17.10.).

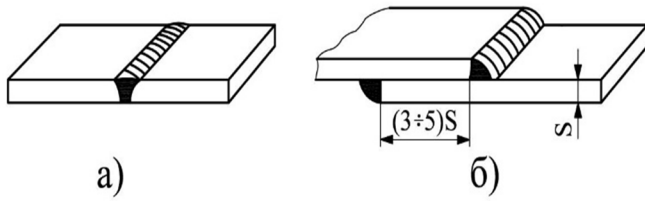


Рис. 17.9. Форми поперечного перерізу зварного шва:
а – стиковий; б – кутовий шов.

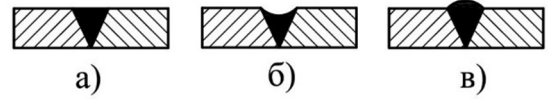


Рис. 17.10. Форми зовнішньої поверхні швів:
а – нормальні; б – ослаблені;
в – посилені.

У залежності від розташування у просторі розрізняють нижні, горизонтальні, вертикальні та стельові зварні шви (рис. 17.11).

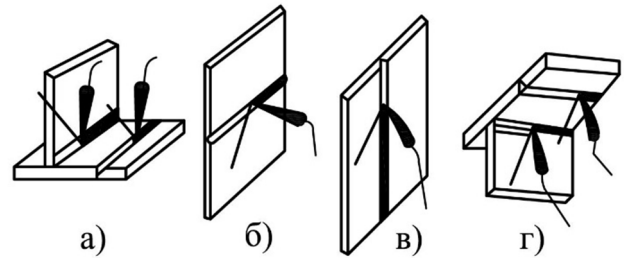
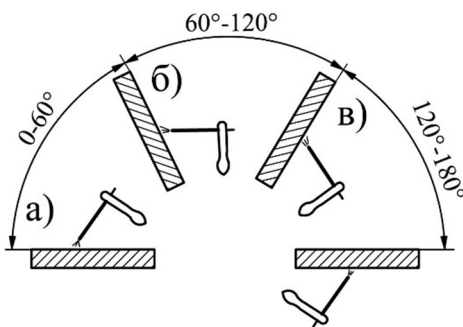


Рис. 17.11. Класифікація зварних швів за розташуванням у просторі:
а – нижній; б – горизонтальний; в – вертикальний; г – стельовий.

Способи газового зварювання

Продуктивність зварювання та якість зварних швів залежать від напрямку руху пальника і нахилу мундштука. Залежно від напрямку руху пальника розрізняють лівий і правий способи зварювання (рис. 17.12). Лівий спосіб застосовується при зварюванні металу товщиною менше 5мм. Пальник рухається вліво, присадочний дріт передує пальникові, полум'я направлене на пруток. Продуктивність правого способу зварювання на 20 – 25% більша, ніж лівого, а витрата газів менша на 15 – 25%. Кут нахилу α мундштука пальника до

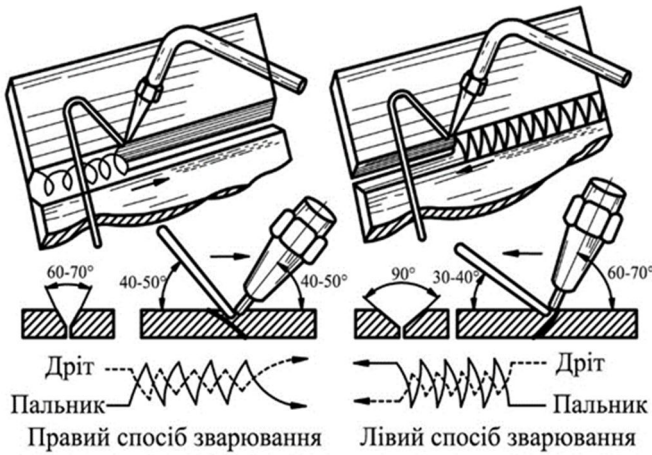


Рис.17.12. Способи зварювання

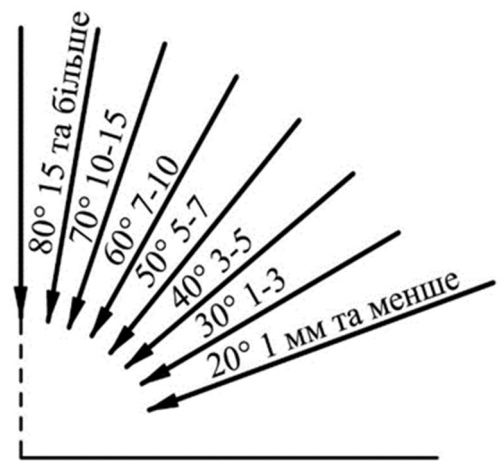


Рис. 17.13. Кути нахилу мундштука пальника залежно від товщини металу

поверхні металу, який зварюється, залежить від товщини металу та його теплових і фізичних властивостей (рис. 17.13).

Розрахункова частина

1. Визначення швидкості газового зварювання $V_{зв}$, м/год.:

$$V_{зв} = \frac{K}{S}, \text{ м/ГОД,} \tag{17.1}$$

де: S – товщина металу, що зварюється, мм;

K – коефіцієнт, який враховує спосіб зварювання.

Для маловуглецевої сталі при лівому способі зварювання $K = 15$, при правому зварюванні $K = 18$.

2. Визначення площі поперечного перерізу шва $S_{ш}$, см²

$S_{ш} = F$ (площа поперечного перерізу шва конкретного з'єднання визначається за математичними формулами визначення площин геометричних фігур).

3. Визначення маси наплавленого металу q_m , г:

$$q_m = S_{ш} \cdot L \cdot \gamma, \tag{17.2}$$

де: L – довжина шва, см;



γ – щільність наплавленого металу, г/см³; $\gamma = 7,8$ г/см³;

$S_{ш}$ – площа поперечного перерізу шва, см².

4. Визначення способу зварювання та кута нахилу мундштука α пальника: при товщині виробу $S < 5$ мм застосовується лівий спосіб зварювання; при $S > 5$ мм – правий спосіб.

5. Вибір діаметру присадного дроту.

Діаметр присадного дроту (прутка) вибирається залежно від товщини виробу. При товщині до 12 – 15 мм діаметр дроту визначається наступним чином:

– для лівого способу зварювання $d = S / 2 + 1$, мм;

– для правого способу зварювання $d = S / 2 + 2$, мм

При товщині виробу більше 15 мм діаметр дроту вибирають рівним 8 мм.

6. Визначення витрати присадного матеріалу B_{II} :

$$B_{II} = C \cdot S^2, \text{ г/пог. м,} \quad (17.3)$$

де: S – товщина виробу, мм;

C – коефіцієнт, який враховує властивості металу і якість шва.

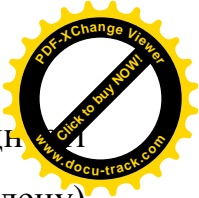
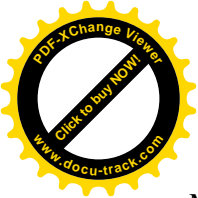
Коефіцієнти C , які враховують властивості сталі і якість підготовки шва надані у табл. 17.2.

Таблиця 17.2.

Коефіцієнти, які враховують властивості сталі і якість підготовки шва

Підготовка шва	Коефіцієнт C
без скосу	12
скіс 45°С	10
скіс 35°С	8
скіс 30°С	7

7. Визначення потужності полум'я пальника M .



Потужність полум'я пальника залежить від товщини і теплопровідності матеріалу, який зварюється. Потужність полум'я пальника (витрата ацетилену) визначається за формулами:

– для лівого способу зварювання $M = (100 - 120) \cdot S$, л/год.;
(17.4)

– для правого способу зварювання $M = (120 - 150) \cdot S$, л/год.,
(17.5)

де: S – товщина виробу, мм.

При зварюванні чавуну, латуні, бронзи або алюмінієвих сплавів потужність полум'я встановлюється приблизно така ж, як і для зварювання сталей.

8. Вибір номеру наконечника пальника.

Номер наконечника пальника вибирається згідно зварюваних з'єднань і розрахованій в п.6 витраті ацетилену (M) за табл. 17.3, а потім уточнюється витрата ацетилену та кисню.

9. Визначення основного (технологічного) часу T_o :

$$T_o = \frac{q_m}{k_H}, \text{ хв.}, \quad (17.6)$$

де: k_H – коефіцієнт наплавлення г/хв., визначається за табл. 17.4.

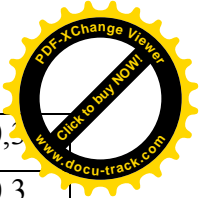
10. Вибір виду полум'я.

Залежність співвідношення кисню до ацетилену (вид полум'я) визначається по виду робіт, які виконуються відповідно з табл. 17.5.

Таблиця 17.3.

Технологічні характеристики інжекторних пальників

№ наконечника	Товщина зварюваної низьковуглецевої сталі, мм	Витрати, л/год.		Тиск на вході пальника, МПа	
		ацетилен	кисень	ацетилен	кисень
0	0,2–0,5	40–50	45–55	0,001–0,1	0,15–0,3
1	0,5–1	65–90	70–100	0,001–0,1	0,2–0,3
2	1–2	130–180	150–200	0,001–0,1	0,2–0,3



3	2–4	250–350	270–380	0,001–0,1	0,2–0,3
4	4–7	420–600	450–650	0,001–0,1	0,2–0,3
5	7–11	700–950	750–1000	0,001–0,1	0,2–0,3
6	11–17	1130–1500	1200–1650	0,001–0,1	0,2–0,35
7	17–30	1800–2500	2000–2800	0,01–0,1	0,2–0,35
8	30–50	2500–4500	3000–5600	0,03–1,0	0,25–0,5
9	75	4500–7000	4700–9300	0,03–1,0	0,25–0,5

Таблиця 17.4

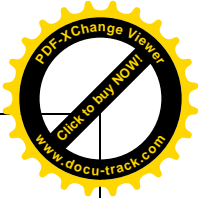
Коефіцієнти наплавлення

№ наконечника пальника	Коефіцієнт наплавлення	
	сталь	чавун
1	4–6	–
2	6–7	3,5
3	7–10	6,0
4	13–15	9,0
5	16–18	12,0
6	17–18	13,0
7	18–21	15,0

Таблиця 17.5

Співвідношення кисню до ацетилену залежно від виду робіт

Вид полум'я	Відношення кисню до ацетилену	Температура полум'я, °С	Галузь застосування
Навуглецьовувальне	0,8–0,9	2700–3100	Наплавлення твердих сплавів, зварювання чавуну і високо вуглецевих сталей
Нормальне	1,0–1,2	3150	Зварювання мало вуглецевої та середньо вуглецевої сталей, алюмінієвих сплавів, бронзи, міді. Різання



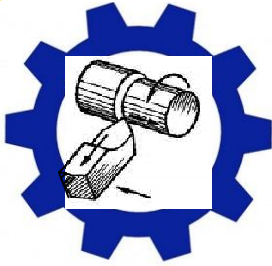
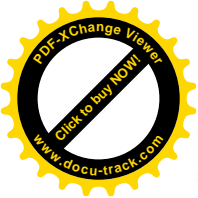
			металів, паяння, металізація
Окислювальне	1,2–1,5	3000–3100	Різання та паяння, зварювання латуні і чавуну бронзою, поверхнєве гартування і вогняне очищення поверхні

17.2. Порядок виконання роботи

1. Зобразити схематично будову генератора ГНВ–1,25, редукторів, водяного затвора, описати їх роботу.
2. Зобразити схему інжекторного і безінжекторного пальників і описати їх роботу. Намалювати зварювальне полум'я, указати зони полум'я, описати види полум'я і співвідношення кисню та ацетилену.
3. Розрахувати режими зварювання за індивідуальними завданнями.
4. Провести зварювання деталі під керівництвом майстра виробничого навчання.

Контрольні запитання

1. Що називається газовим зварюванням?
2. Які властивості ацетилену і його призначення при газовому зварюванні і різанні металів? Які пальні гази застосовуються як замітники ацетилену?
3. За якими ознаками класифікують ацетиленові генератори?
4. Як працює ацетиленовий генератор ГНВ–1,25?
5. Яка будова балонів для ацетилену і кисню? Для чого служать редуктори і як вони працюють? Як класифікують газові пальники?
6. Для чого служать запобіжні замки і як вони працюють?
7. Які види зварювального полум'я ви знаєте? Які зони зварювального полум'я ви знаєте?
8. Що є причиною вибуху кисневих і ацетиленових балонів?



Частина V

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Лабораторна робота № 18

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТУ

Мета роботи – вивчити конструкцію та кінематику токарно-гвинторізного верстату; оволодіти порядком складання паспорта і кінематичних ланцюгів верстату.

18.1. Основні положення і зміст роботи

Паспорт верстата

Паспорт верстата є основним документом у процесі експлуатації та ремонту верстата, при виборі типу верстата для розроблення технологічного процесу, при призначенні режимів оброблення, при проектуванні оснащення і т.ін. У паспорті наведені основні технічні дані та характеристика: параметри супортів, шпинделя, різцевої головки, задньої бабки та інших складальних одиниць (вузлів) верстата. Додатково наводяться відомості з механіки головного приводу і подач, ескізи найважливіших деталей верстата з вказівкою робочого простору та крайніх положень переміщення складальних одиниць (вузлів), а також комплект додаткових приладів.

Паспорт верстата заповнюється у вигляді таблиці, або послідовними рядками. Заповнення паспорта (основні параметри) вказуються на прикладі токарно-гвинторізного верстата моделі 16К20. Дані наведені курсивом.

Інвентарний номер. Вказується номер верстата за реєстром.

Тип. Вказується різновид верстата: *токарно-гвинторізний*.

Завод-виробник. Вказується назва заводу та його місце розташування:



"Красный пролетарий", ім. А.І.Єфремова, Москва.

Модель верстата. Вказується шифр верстата за класифікацією: *16K20*.

Заводський номер. Вказується номер, за яким завод–виробник випустив верстат. Номер списується з верстата: наприклад, *7112577*.

Рік випуску. Вказується рік випуску верстата заводом–виробником: *1989*.

Клас точності. Вказується умовне позначення одного з існуючих класів точності верстатів: Н - нормальної; П - підвищеної; В - високої; А - особливо високої; С - особливо точні:

Верстат спеціально призначений або пристосований. Вказується спеціалізація верстата: *універсальний токарно–гвинторізний верстат*.

Маса, кг. Вказується маса верстата, кг: *2310*.

Габарит: довжина, ширина, висота. Вказуються розміри, які вимірюються між крайніми граничними положеннями його рухомих частин. Довжина, мм: *2812*, ширина, мм: *1216*, висота, мм: *1349*.

Основні дані верстату.

Основні розміри (повинні відповідати ГОСТ 18097–88).

Найбільший діаметр виробу, який можна встановити над станиною, мм.

Зазор між горизонтальною площиною напрямних і діаметром заготовки D , яку оброблюють, – не більше $0,04D$ (рис.18.1). Приблизно діаметр D дорівнює подвійній висоті центрів: *500*.

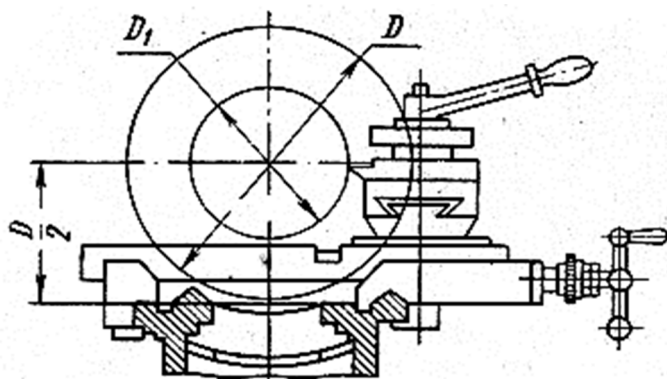


Рис. 18.1 Схема визначення висоти центрів токарного

Відстань між центрами, мм. Вимірюється відстань між вістрями центрів при виставленій в крайнє праве положення задній бабці (без провисання напрямних): *1000*.



Відстань від лінії центрів до плоскої напрямної станини, мм: 250.

Розміри виробів, які оброблюються.

Найбільший діаметр точіння над нижньою частиною супорту. Вимірюється згідно (рис. 18.1). *Розмір D_1 : 260.*

Найбільша довжина обточування, мм. *Довжина, яка може бути оброблена при найбільшому ході супорта: 930.*

Різьби, які нарізаються:

- метрична – крок у мм: 1 – 192.
- дюймова – кількість ниток на 1: 2 – 24.
- модульна – крок в модулях: 0,5 – 48.
- питчева – в питчах: 1– 96.

Супорт:

Кількість різців у різцетримачі. Вказується максимальна кількість різців у різцетримачі: 4.

Найбільші розміри державки різця, мм. Вказуються найбільші розміри перерізу стандартного стрижня різця, який може бути закріпленим в різцетримачі: 30x30. Найбільш розповсюджені перерізи прямокутних стрижнів наведені в табл. 18.1.

Таблиця 18.1

Перерізи прямокутних стрижнів різців

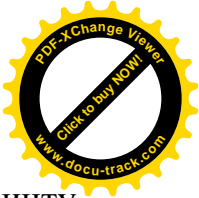
Ширина, мм	В	12	16	20	25	30	40
Висота, мм	Н	20	25	30	40	45	60

Висота від опорної поверхні різця до лінії центрів, мм. Вимірюється по перпендикуляру від лінії центрів до опорної поверхні різцетримача: 30.

Найбільша відстань від лінії центрів до кромки різцетримача, мм. Вимірюється відстань від лінії центрів до кромки різцетримача у крайньому положенні поперечних полозків супорта: 268.

Кількість передніх супортів: 1.

Кількість задніх різцетримачів: 1.



Кількість різцевих головок у супорті: 1.

Найбільше переміщення від руки, по ходовому валу, по ходовому гвинту, мм. Визначається безпосередньо вимірюванням шляху переміщення супорта від однієї крайньої позиції до другої. Механічне переміщення вимикається за 10 мм до кінця можливого ходу. Точність вимірювання 1 мм, із округленням до 0 або 5:

- від руки: поздовжнє 930;
- поперечне 300.

Ціна одного ділення лімбу, мм: поздовжнє 1, поперечне 0,05 на діаметр.

Різцеві полозки:

- найбільший кут повороту у градусах. Визначають від нульового положення по шкалі в обидва боки: $-65^{\circ} \dots +45^{\circ}$.
- найбільше переміщення у мм: 140.

Шпindelь:

Посадочний конус у шпинделі. Звичайно шпинделі верстатів виготовляються з конусом системи Морзе: №6.

Номер конуса Морзе знаходять за табл. 18.2 на підставі даних вимірювання найбільшого діаметра конічного отвору шпинделя.

Таблиця 18.2

Розміри отворів для конусів Морзе

№ конуса Морзе	1	2	3	4	5	6
Діаметр отвору, мм	12,239	17,981	24,052	31,544	44,752	53,76

Діаметр отвору, мм. Вказується діаметр отвору шпинделя згідно з (рис. 18.2) діаметр – 47 мм.

Задня бабка:

Посадочний конус у пінолі. Знаходять так, як і для шпинделя: Морзе № 5.

Найбільше переміщення пінолі, мм. Знаходиться вимірюванням величини переміщення пінолі з одного крайнього положення до другого з встановленим центром: 200.

Прилади та пристрої до верстату

Вказуються їх перелік та основні дані, необхідні для використання.

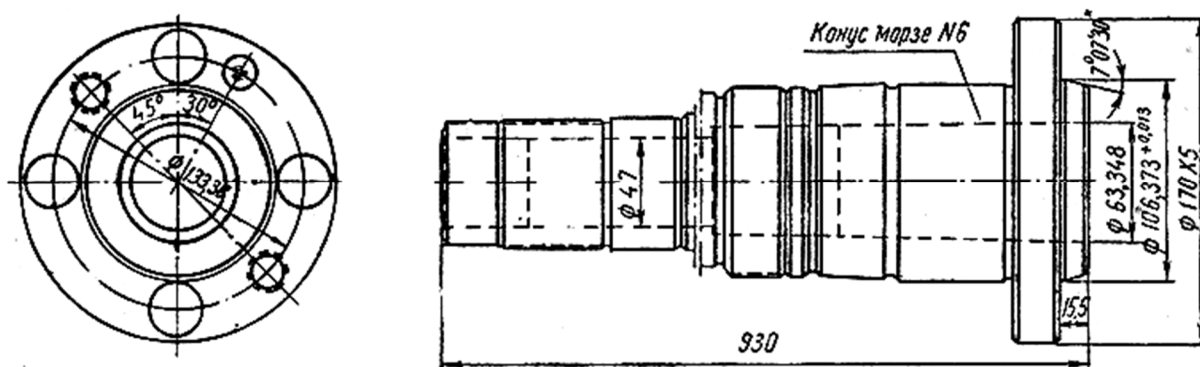


Рис. 18.2. Ескіз кінця шпинделя

Схема керування верстатом

Дається схематичний вигляд верстату з боку робочого місця (вклеюється на першій сторінці паспорта). Зображуються всі рукоятки керування верстатом. Кожній рукоятці надається порядковий номер, який виноситься за межі ескізу.

Кінематична схема верстату

Паспорт верстату повинен обов'язково містити кінематичну схему. Цільове призначення кінематичної схеми – дати повне уявлення про всю механіку верстату, починаючи від електродвигуна та закінчуючи останньою ланкою кожного з наявних у верстаті кінематичних ланцюгів. У відповідності з цим, на схемі показуються електродвигуни, вали, шківни, шестерні, підшипники та інші деталі та механізми, які є частиною кінематичних ланцюгів верстата.

Кінематична схема зображується в одній площині в контурі однієї найбільш показової проекції верстата за загально прийнятими умовними позначеннями.

Якщо при такому умовному зображенні шестерні, що знаходяться дійсно в зачепленні, будуть показані на схемі на відстані одна від другої, то вони повинні бути з'єднанні фігурними дужками.



Кінці валів і вали, які розірвані на схемі, з'єднуються між собою пунктирною лінією. При наявності складальних креслень верстату кінематична схема та специфікація до неї складаються на підставі креслень; у протилежному випадку – знімаються з натури, для чого потрібно часткове розбирання верстата.

Рівняння кінематичного балансу має вигляд:

– для головного руху:

$$n_i = n_{об} \frac{d_1}{d_2} \eta \frac{z_1}{z_2} \dots \frac{z_{n-1}}{z_n}, \text{XB}^{-1}; \quad (18.1)$$

– для ланцюга поздовжньої подачі:

$$S_{позд_i} = 1_{об.ун} \frac{z_1}{z_2} \dots \pi m z_p, \text{MM/об}; \quad (18.2)$$

– для ланцюга поперечної подачі:

$$S_{пони} = 1_{об.ун} \frac{z_1}{z_2} \dots t, \text{MM/об}, \quad (18.3)$$

де: n_i – частота обертання шпинделя i -того ступеня;

$n_{об}$ – частота обертання вала електродвигуна;

d_1 – діаметр шківів на валу електродвигуна;

d_2 – діаметр шківів на прийомному валу верстата;

η – ккд клинопасової передачі, $\eta = 0,95 - 0,98$;

z – кількість зубців зубчастих коліс, які входять у кінематичний ланцюг i -тої ступені;

$1_{об.ун}$ – один оберт шпинделя;

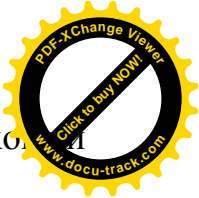
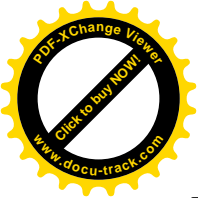
m – модуль рейкової шестерні;

z_p – кількість зубців рейкової шестерні;

t – крок гвинта поперечної подачі супорта.

Оснащення робочого місця.

- ◆ Токарно–гвинторізні верстати моделі 16К20 і 1617.
- ◆ Вимірювальний інструмент: метр сталевий, рулетка, нутромір, штангенциркуль, різьбомір та ін.



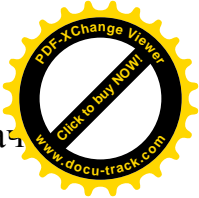
- ◆ Трьохкулачковий і чотирьохкулачковий патрони, рухомий та нерухомий люнети, планшайба, повідковий патрон, поводок та ін.
- ◆ Кінематична схема верстата 16К20.

18.2. Порядок виконання роботи

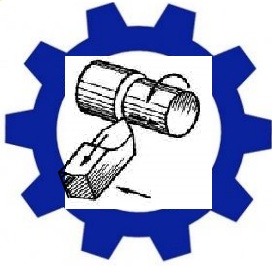
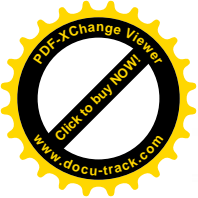
1. Вивчити будову токарно-гвинторізного верстата та ознайомитись із його керуванням.
2. Занести до звіту основні паспортні дані токарного верстату. Виконати необхідні вимірювання на верстаті, занести їх до його паспорту.
3. Ознайомитися з приладдям та пристроями до верстату.
4. Вивчити кінематичну схему верстата. Відкрити коробку швидкостей верстата та ознайомитися з її будовою.
5. Зобразити у коробці швидкостей умовними позначками необхідні вали та зубчасті колеса (за завданням). Проставити кількість зубців на кожному зубчастому колесі.
6. За завданням викладача скласти рівняння кінематичного балансу та розрахувати величини i -того ступеня головного руху та i -тої подачі.

Контрольні запитання

1. Які основні частини токарно-гвинторізного верстата та їх призначення?
2. Які операції можна виконувати на токарно-гвинторізальному верстаті?
3. Коли та з якою метою проводиться паспортизація верстатів?
4. Як визначається найбільший діаметр точіння над станиною та висота центрів?
5. Як визначається номер конусу Морзе?
6. Чому станина верстата має дві пари напрямних?
7. Основні пристрої до токарно-гвинторізного верстата.
8. Які передачі застосовуються у верстатах?
9. За допомогою якого механізму змінюється напрям обертання шпинделя?
10. Що є заключною ланкою в кінематичному ланцюзі поздовжньої подачі при точінні та при нарізанні різьби?



11. Як визначається число ступенів коробки швидкостей і коробки подачі?
12. Призначення гітари шестерень.
13. Як складаються рівняння кінематичного балансу?



Частина V

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Лабораторна робота № 19

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ГЕОМЕТРІЇ БАГАТОЛЕЗОВИХ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Мета роботи – ознайомитися із конструкцією і геометрією осьового різального інструменту, фрези, протяжки; ознайомитися із вимірювальними приладами й методами вимірювання геометричних параметрів різальних інструментів. Виміряти геометричні параметри різальних інструментів за завданням викладача.

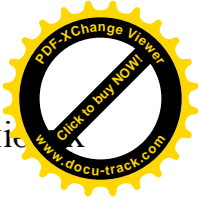
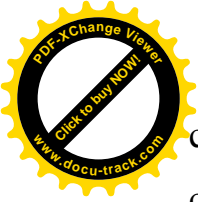
19.1. Основні положення і зміст роботи

Спіральне свердло, як і інші види свердел (перове, свердла для глибокого свердління, центрувальні) призначено для оброблення отворів у суцільному матеріалі, або для розсвердлювання отворів. Досяжна точність при свердлінні: 12–13 квалітет (11 по кондуктору); шорсткість поверхні – $Ra \leq 10$ мкм.

Свердло (рис.19.1, а) складається з таких основних частин: робочої частини – l_1 , різальної частини – l_2 , шийки – l_3 , хвостовика – l_4 та лапки – l_5 .

Свердло має п'ять різальних кромки: два головних різальних леза, кожне з котрих створюється перетином передньої та задньої поверхонь; поперечне різальне лезо, створене перетином обох задніх поверхонь; два допоміжних різальних леза (стрічки), створених перетином передньої поверхні та допоміжної задньої поверхні.

Кут при вершині 2ϕ – кут між головними різальними лезами (рис.19.1, а). Цей кут залежить від властивостей оброблюваного матеріалу. При обробленні



сталі, сірого чавуну, твердої бронзи $2\varphi = 118-120^\circ$; латуні, бронзи, алюмінію та його сплавів $2\varphi = 105-115^\circ$; пластмас $2\varphi = 85-90^\circ$.

Передній кут γ – кут між дотичною до передньої поверхні в точці, яку розглядають, різального леза та нормаллю в цій же точці до поверхні обертання різального леза навколо осі свердла (рис.19.1, б).

Передній кут розглядається в площині N-N, перпендикулярній до різального леза (рис.19.1, б). По довжині різального леза передній кут γ змінюється: на периферії він більший, до центру свердла він зменшується.

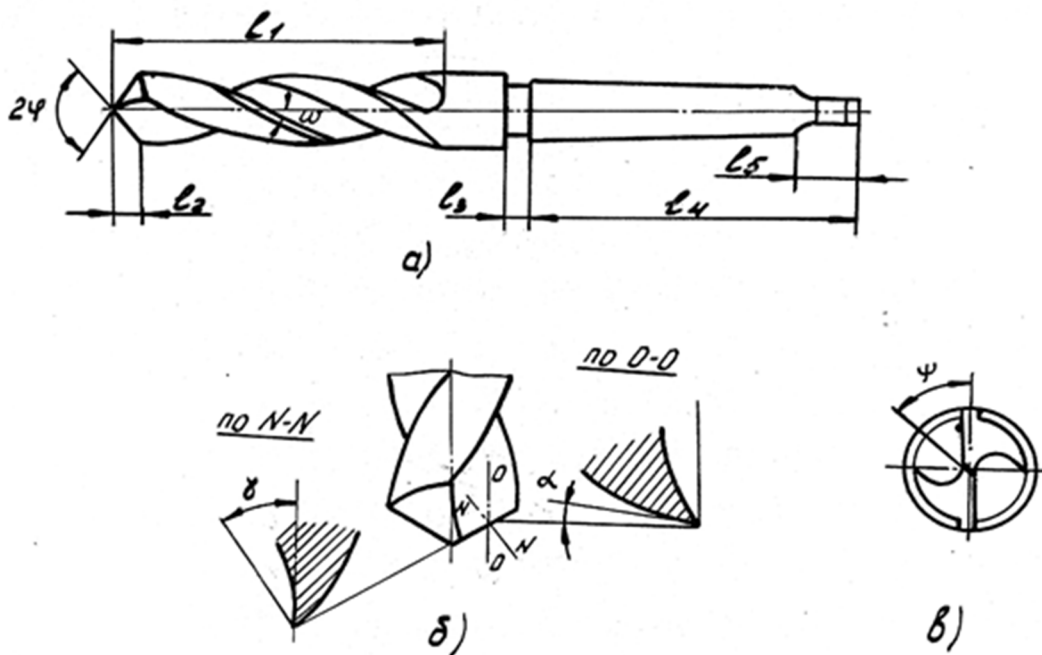


Рис. 19.1. Спіральне свердло та елементи його різальної частини

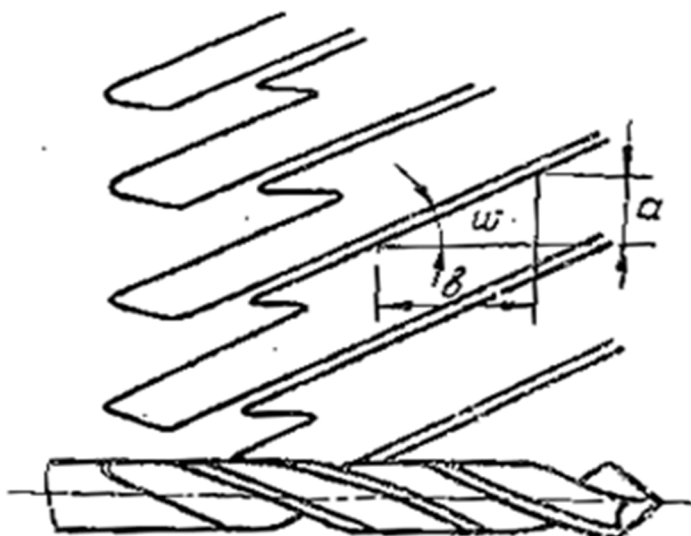
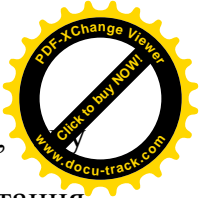
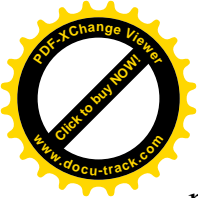


Рис. 19.2. Схема розвертки гвинтової стрічки на площину



Задній кут α – кут між дотичною до задньої поверхні в точці, розглядають, різального леза і дотичною в тій же точці до кола його обертання навколо осі свердла (рис.19.1, б). Цей кут розглядається в площині $O-O$, дотичній до кола в даній точці та паралельній осі свердла. Він має мінімальне ($\alpha = 2-6^\circ$) значення на периферії і максимальне ($\alpha = 20-25^\circ$) біля поперечного різального леза.

Кут нахилу поперечної різальної кромки ψ – є гострий кут між проекціями поперечної й головної різальних кромок на площину, перпендикулярну до осі свердла (рис.19.1, в). Звичайно $\psi = 50-55^\circ$.

Кут нахилу гвинтової канавки ω – кут між віссю свердла й дотичною до гвинтової лінії по зовнішньому діаметру свердла (рис.19.1, а).

Цей кут береться в межах $18-30^\circ$.

Кут ω визначається розверткою гвинтової стрічки на площину. Розвертка отримується шляхом прокатування свердла по паперу через копіювальний папір.

Величина кута вимірюється між лінією, відтиснутою від розвертки гвинтової стрічки та прямою, паралельною осі свердла, за допомогою транспортира або підраховується за формулою:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{a}{b}, \quad (19.1)$$

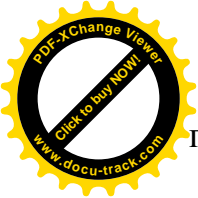
де: a і b – катети прямокутного трикутника (рис.19.2).

Зенкери призначені для оброблення отворів, які отримано при литті чи штампуванні заготовок або попередньо просвердлених, з метою надання їм більш високої точності та зменшення шорсткості. Зенкер забезпечує оброблення отворів за 10 і 11 квалітетами та шорсткість поверхні $Rz = 10-2,5$ мкм.

Зенкери бувають: суцільні, насадні, трьохперові та чотирьохперові.

Зенкер (рис.19.3, а) складається з таких основних частин: робочої частини – l_1 , різальної частини l_2 , напрямної частини l_3 , шийки l_4 , хвостовика l_5 і лапки l_6 .

Передній γ і задній α кути зенкера вимірюються в площині,



перпендикулярній головній різальній кромці (рис.19.3, б).

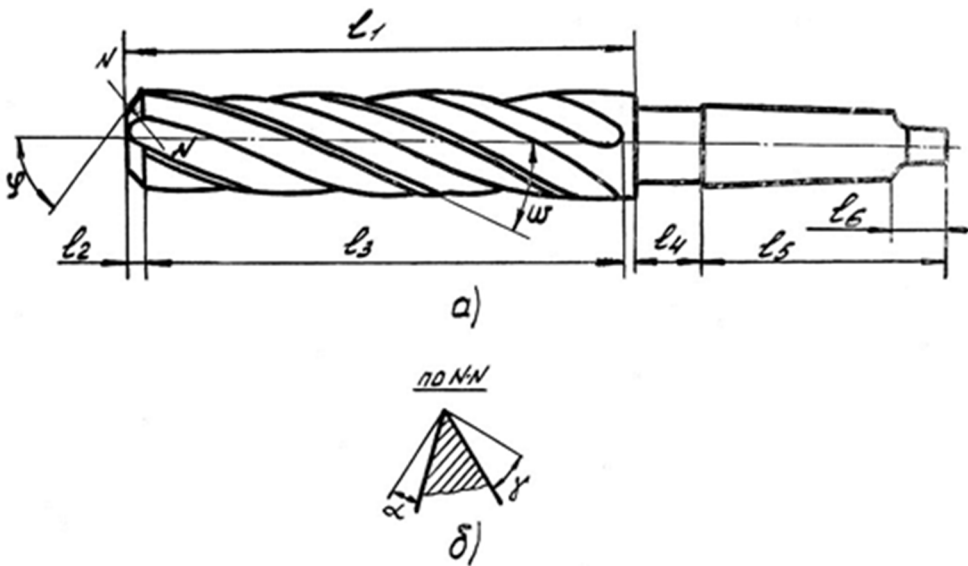


Рис. 19.3. Зенкер та елементи його різальної частини

Кути α і γ залежать від властивостей матеріалу, який оброблюється та матеріалу різальної частини зенкера:

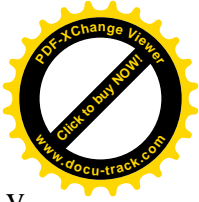
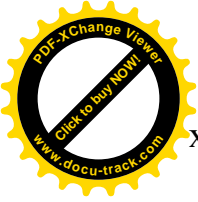
– для зенкерів, виготовлених зі швидкорізальної сталі, при обробленні сталі $\gamma = 8-15^\circ$; при обробленні сірого чавуну $\gamma = 6-8^\circ$; при обробленні кольорових металів $\gamma = 25-30^\circ$;

– для зенкерів, оснащених пластинами твердих сплавів, при обробленні сірого чавуну $\gamma = 5^\circ$; при обробленні сталі $\gamma = 0-5^\circ$.

Розвертки застосовують для остаточного оброблення отворів. Розвертки забезпечують оброблення отворів за 7–8 квалітетом і шорсткість поверхні $Ra = 1,25 - 0,32$ мкм.

Розвертки поділяються на машинні та ручні. За конструкцією хвостовика – на розвертки з циліндричними та конічними хвостовиками; за формою отвору, що оброблюється – на циліндричні й конічні; за способом кріплення – на хвостові й насадні; за розташуванням зубців – із прямими та гвинтовими (спіральними) зубцями.

Хвостова циліндрична розвертка (рис.19.4, а) складається з робочої частини l_1 , забірного конусу l_2 , різальної частини l_3 , калібруючої частини l_4 , шийки l_5 ,



хвостовика l_6 , лапки l_7 .

Передній кут γ у чистових розверток із швидкорізальних сталей $\gamma = 0^\circ$; у чорнових $\gamma = 5-10^\circ$; у твердосплавних $\gamma = 0-5^\circ$.

Задній кут на різальній та калібрувальній частинах $\alpha = 6-10^\circ$ (рис.19.4, а, б).

У ручних розверток кут $\varphi = 30'-1^\circ30'$, у машинних – при обробленні сірого чавуну $\varphi = 3-5^\circ$.

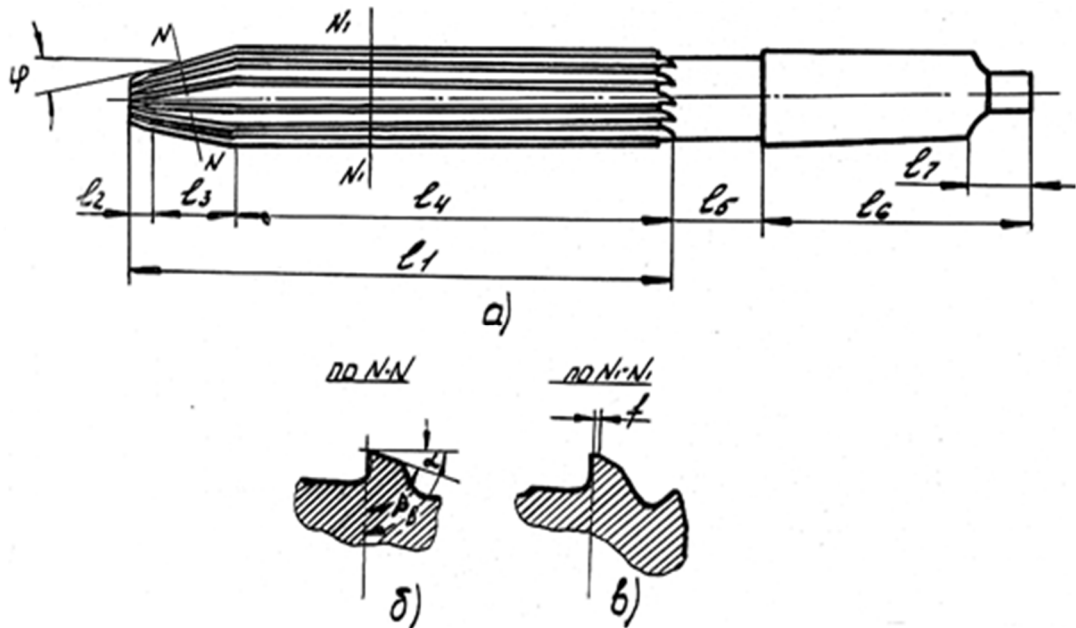


Рис. 19.4. Хвостова циліндрична розвертка та елементи її різальної частини

Для твердосплавних розверток $\varphi = 30 - 45^\circ$. На калібрувальній частині розвертки виконується циліндрична фаска шириною 0,08–0,5 мм у залежності від діаметру розвертки (рис.19.4, в).

Розвертки зі спіральним зубом використовуються при розвертанні переривчастих поверхонь (наприклад, шліцьових отворів або отворів зі шпоночними пазами). При розвертанні пластичних матеріалів, аби запобігти огранюванню отвору, використовують розвертки зі змінним окружним кроком зубців.

Фреза це різальний інструмент у вигляді тіла обертання. Різальні зубці можуть розташовуватися на поверхні обертання фрези та (або) на торці.

Фрези класифікуються за різними ознаками:

- за способом кріплення: насадні і хвостові;
- за конструкцією фрези – суцільні, збірні;
- за розташуванням зубців відносно фрези: циліндричні, конічні (кутові), торцеві, фасонні;
- за розташуванням різальної кромки відносно осі фрези: з прямим і гвинтовим зубом;
- за конструкцією зуба – затиловані (рис.19.5, а) і незатиловані (рис.19.5, б).

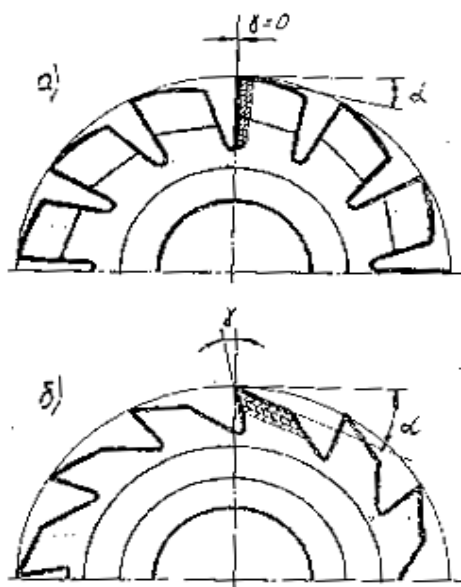
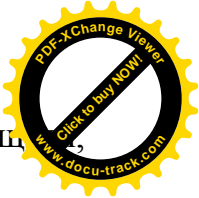
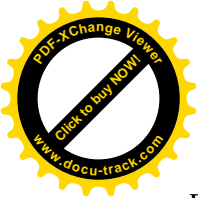


Рисунок 19.5. Елементи геометрії зубця фрези

Усі фасонні фрези виробляються затилованими. Особливістю їх геометрії є те, що передній кут γ дорівнює нулю, а задня поверхня виконується за архімедовою або логарифмічною спіралями.

Затиловані фрези заточуються по передній поверхні. Ці фрези мають меншу стійкість, вони більш складні у виготовленні, але при їх переточуванні зберігається постійний профіль різальних кромки. Незатиловані фрези заточуються по задній поверхні. При їх виготовленні та заточуванні труднощів не виникає; вони мають високу стійкість.

На (рис.19.6, а) показані основні розміри та елементи, якими характеризується циліндрична насадна фреза: зовнішній діаметр D , ширина фрези L , діаметр насадного отвору d , крок зубців t , кут нахилу зубів ω .



Передній γ і задній α кути (рис.19.6, б) вимірюються в площині перпендикулярній зубу фрези.

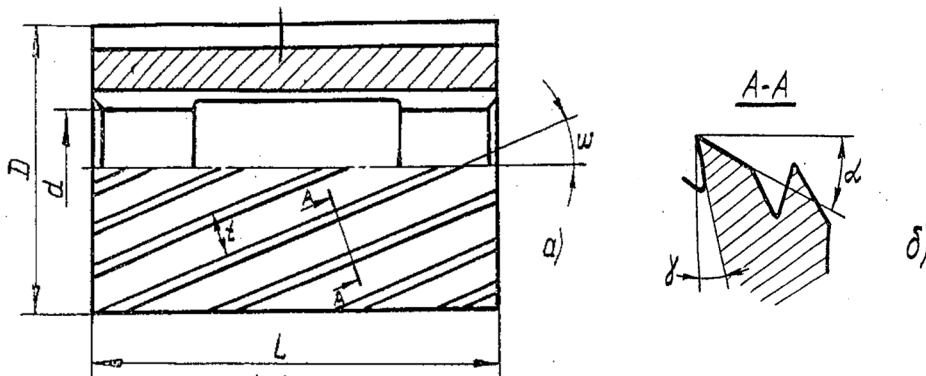


Рисунок 19.6. Циліндрична фреза та елементи її різальної частини

Фрези із гвинтовими зубцями більш плавні в роботі, забезпечують більш якісну поверхню, більш стійкі, однак, у порівнянні з прямозубими, більш складні у виготовленні.

Протяжка це багатолезовий інструмент, призначений для обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь. На (рис. 19.7) показані основні частини та елементи циліндричної протяжки: l_1 – замкова частина (хвостовик), l_2 – шийка, l_3 – передня напрямна частина, l_4 – різальна частина, l_5 – калібрувальна частина, l_6 – задня напрямна частина.

Кожний наступний зуб протяжки більший попереднього на величину S_z – підйому на зуб. Величина S_z при протягуванні є подачею і вибирається за довідником у залежності від матеріалу, що оброблюється; має розмірність мм/зуб. Звичайно приймається $S_z = 0,01 - 0,15$ мм/зуб.

Середню величину подачі на реальній протяжці можна визначити за формулою:

$$S_z = \frac{d_n - d_k}{2z}, \text{ мм/зуб}, \quad (19.2)$$

де: d_n – діаметр останнього різального зуба;

d_k – діаметр першого різального зуба;

z – кількість зубців.

Крок зубців у мм (відстань між сусідніми різальними лезами) вимірюється за допомогою штангенциркуля або визначається за формулою:

$$- \text{різальних зубців } t_{\text{ріж}} = (1,25-1,5) \sqrt{L_{\text{дем}}}, \quad (19.3)$$

$$- \text{калібрувальних зубців } t_{\text{кал}} = (0,6-0,8)t_{\text{ріж}}. \quad (19.4)$$

Передній кут γ вибирається в залежності від фізико-механічних властивостей матеріалу, який оброблюється, в межах $5-20^\circ$. Зі збільшенням в'язкості матеріалу цей кут збільшується. Передній кут на калібрувальних зубцях $\gamma = 0-5^\circ$.

Задній кут α залежить від умов роботи та від вимог точності оброблення.

Для протяжок, які оброблюють внутрішні поверхні, знаходиться в межах $2-4^\circ$, зовнішні – в межах $5-10^\circ$.

На калібрувальних зубцях задній кут $\alpha = 30'-2^\circ$. На калібрувальних зубцях виконують стрічку шириною $f = 0,2-1\text{мм}$.

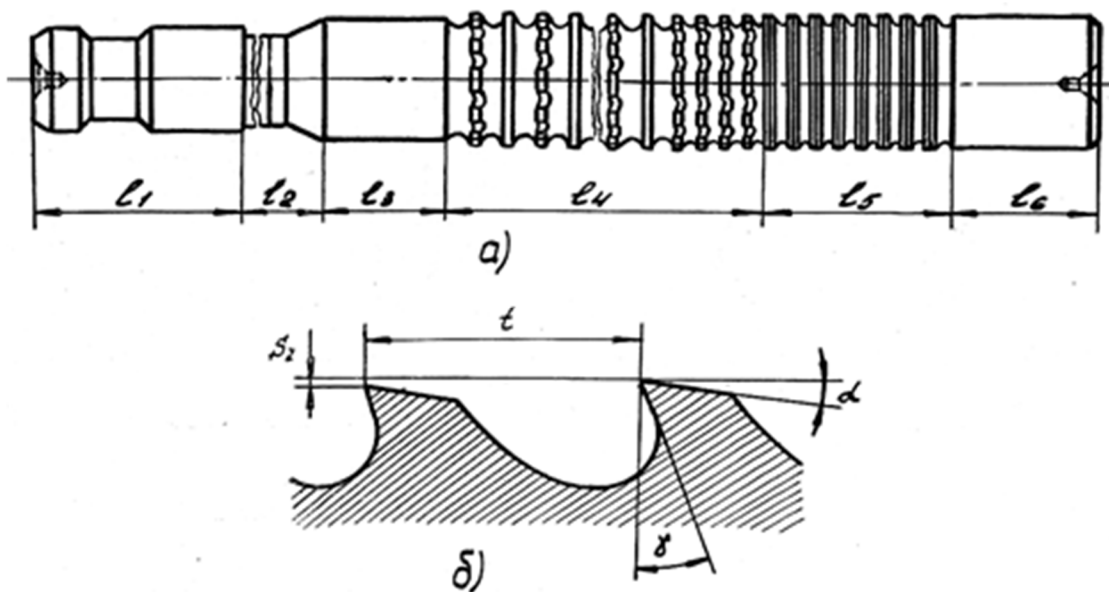
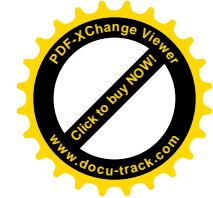


Рис. 19.7. Циліндрична протяжка та елементи її різальної частини

Оснащення робочого місця

- ◆ Свердла, зенкери, розвертки, фрези, циліндрична протяжка.
- ◆ Штангенциркуль ШЦ I –125–0,1.
- ◆ Мікрометр МК 0–25 ГОСТ 6507–78.



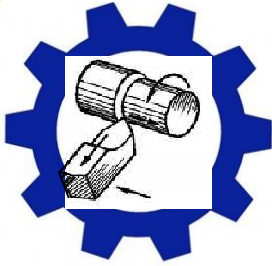
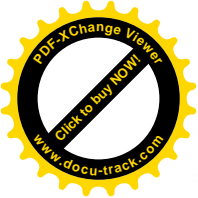
- ◆ Оптичний кутомір.
- ◆ Кутомір маятниковий.
- ◆ Мікроскоп БМИ – 1 ГОСТ 5.188–72.

19.2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію спірального свердла, на ескізі позначити його основні частини, провести вимірювання: α , 2φ , ω .
2. Вивчити конструкцію зенкера, на ескізі позначити його основні частини, провести вимірювання: d , φ , ω , γ , α .
3. Вивчити конструкцію циліндричної розвертки, на ескізі позначити її основні частини, провести вимірювання: d , 2φ , γ , α .
4. Вивчити конструкцію циліндричної фрези з спіральним зубом, на ескізі позначити її основні частини, провести вимірювання: D , d , L , t , ω , γ , α .
5. Вивчити конструкцію циліндричної протяжки, на ескізі позначити її основні частини, провести вимірювання: d_H , d_K , Sz , α_P , α_K , γ , t_P , t .

Контрольні запитання

1. Які бувають свердла?
2. Як закріплюються свердла при роботі на вертикально-свердлильному верстаті?
3. За рахунок чого зенкер може виправити похибки отвору, одержаного свердлінням?
4. Яке призначення розверток зі спіральним зубом?
5. За якими ознаками класифікуються фрези?
6. По якій поверхні заточується затилована фреза?
7. В чому полягає перевага фрези зі спіральним зубом перед прямозубою фрезою?
8. Як визначити кількість різальних зубців протяжки?
9. Яку конфігурацію та розміри в поперечному перерізі має передня напрямна частина протяжки?



Частина V

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Лабораторна робота № 20

ВИВЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ

Мета роботи – ознайомитися з основними видами різців, вивчити геометричні параметри різців, вивчити методи та засоби вимірювання кутів.

20.1. Основні положення і зміст роботи

Класифікують різці за такими ознаками:

- а) за видом оброблення – прохідні, підрізні, відрізні, упорні, прорізні, розточні, різьбові, галтельні, фасонні;
- б) за перерізом стрижня – прямокутні, квадратні, круглі;
- в) за конструкцією – суцільні, з привареною встик головкою, з припаяною пластинкою, з механічним кріпленням пластинки;
- г) за положенням головної різальної кромки – праві, ліві;
- д) за формою головки – прямі, відігнуті вправо чи вліво, відтягнуті, вигнуті;
- е) за маркою інструментального матеріалу.

Поверхні при обробленні різцями (рис.20.1)

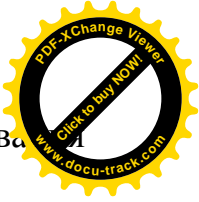
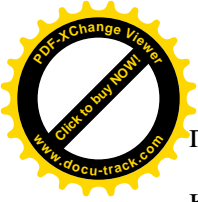
Оброблювальна поверхня 1 – поверхня, з якої знімається стружка.

Оброблена поверхня 2 – поверхня після проходу різального інструмента.

Поверхня різання 3 – поверхня, яка відтворюється різальною кромкою різця внаслідок сумарного руху – головного руху та руху подачі.

Площини при різанні (рис.20.1)

Основна площина 4 – координатна площина, паралельна поздовжньому й



поперечному переміщенням різця під час роботи верстата (для вимірювання кутів різця площина зміщена на нижню площину різця).

Площина різання 5 – координатна площина, дотична до поверхні різання, проходить через головну різальну кромку.

Головна січна площина 6 – координатна площина, перпендикулярна лінії перехрещення основної площини та площини різання.

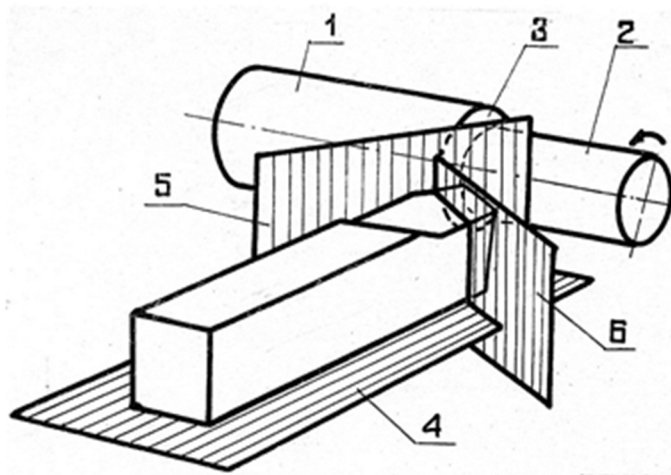
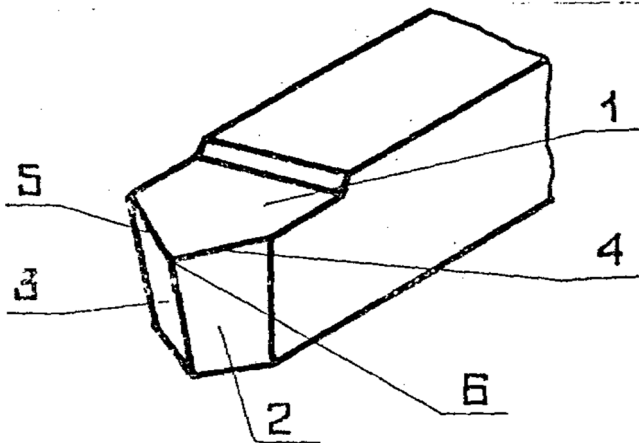


Рис. 20.1. Поверхні та площини при різанні

Елементи головки різця (робочої частини) (рис.20.2)

Головка різця утворюється заточкою трьох поверхонь:



– *передня поверхня 1* – поверхня по якій сходять стружка;

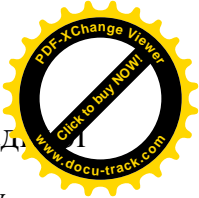
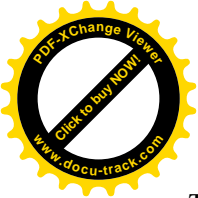
– *головна задня поверхня 2* – поверхня, яка звернена до необробленої поверхні заготовки;

– *допоміжна задня поверхня 3* – поверхня, яка звернена до обробленої поверхні заготовки.

Рис. 20.2. Головка різця та її елементи

Головна різальна кромка 4 утворюється перетином головної

задньої та передньої поверхонь і формує більшу сторону перерізу зрізаного шару.



Допоміжна різальна кромка 5 утворюється перетином допоміжної задньої та передньої поверхонь і формує меншу сторону перерізу зрізаного шару.

Вершина 6 – точка перетину передньої та двох задніх поверхонь або різальних кромок.

Геометричні параметри токарного прохідного різця (рис.20.3)

Кути в головній січній площині:

γ – *передній кут* – кут між передньою поверхнею різця та основною площиною, проведеною через точку різальної кромки, яка розглядається. Передній кут знаходиться у діапазоні $\gamma = 5 - 20^\circ$ – оброблення конструкційних сталей, бронзи, алюмінієвих сплавів, сірих чавунів,

$\gamma = -3 - 5^\circ$ – точіння важкооброблюваних матеріалів і білих та відбілених чавунів;

α – *головний задній кут* – кут між головною задньою поверхнею і площиною різання. Призначення головного заднього кута – зменшення тертя по задній поверхні. Звичайно його приймають у діапазоні $\alpha = 6 - 12^\circ$.

β – *кут загострення* – кут між передньою й задньою поверхнями різця;

δ – *кут різання* – кут між передньою поверхнею й площиною різання.

Співвідношення між головними кутами різця такі :

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^0 ; \quad \alpha + \beta = \delta ; \quad \delta + \gamma = 90^0$$

Кути у допоміжній січній площині:

α_1 – *допоміжний задній кут* – кут між допоміжною задньою поверхнею та площиною, проведеною через допоміжну різальну кромку перпендикулярно основній площині. Призначення його таке ж, як і кута α . Чисельно $\alpha \approx \alpha_1$.

Кути в плані:

φ – *головний кут в плані* – кут між площиною різання і напрямом руху подачі. Головний кут у плані φ може набувати значень $\varphi = 0 - 110^\circ$.

φ_1 – *допоміжний кут в плані* – кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і напрямом, протилежним руху подачі.

$\varphi_1 = 0 - 45^\circ$, частіше $\varphi_1 = 12 - 15^\circ$;

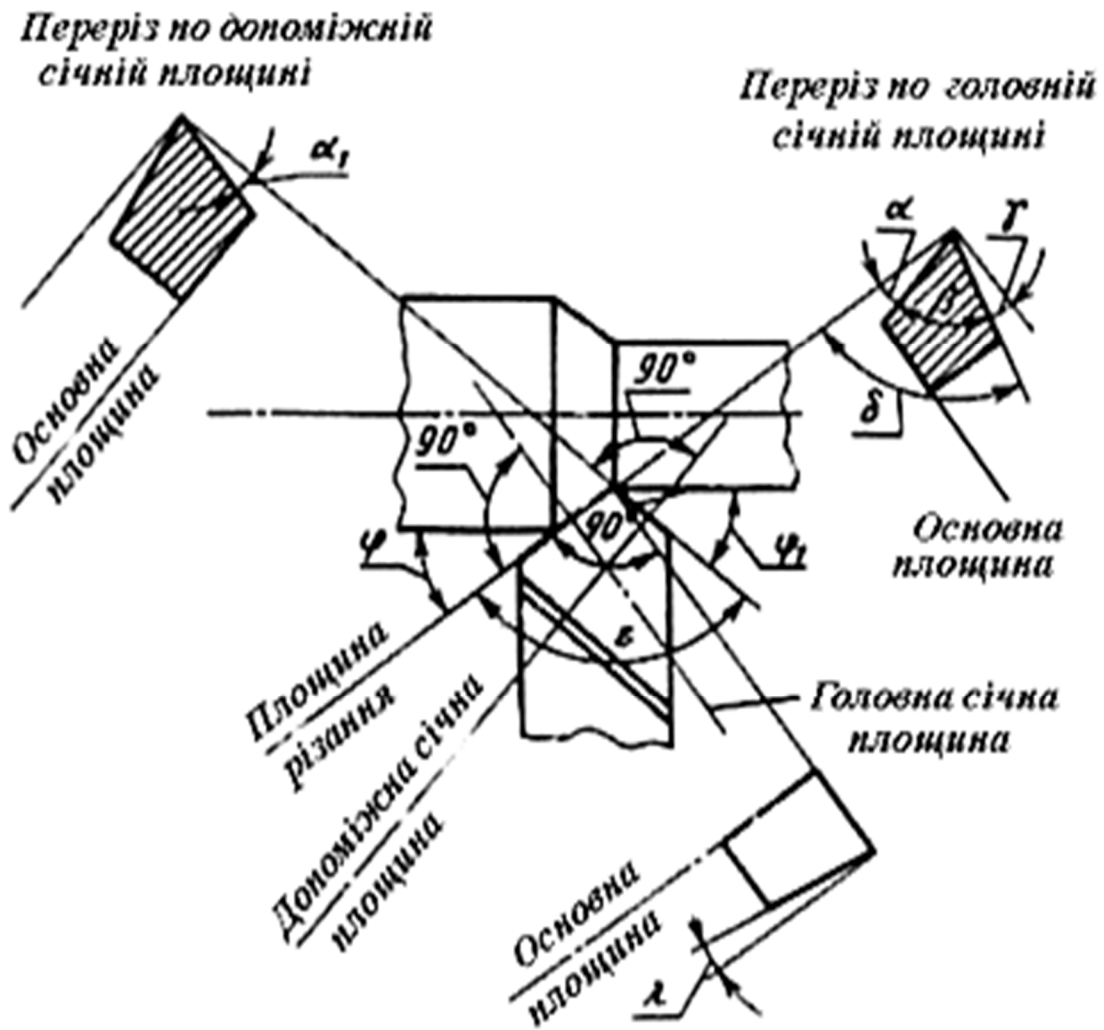


Рис. 20.3. Геометрія різця

ε – кут при вершині – кут між проекціями різальних крамок на основну площину. Кути в плані пов'язані залежністю: $\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$.

λ – кут нахилу головної різальної кромки (рис.20.4) – кут у площині різання між головною різальною кромкою та лінією, проведеною через вершину різця паралельно основній площині. Цей кут може бути додатним і від'ємним. Знак кута визначається так: якщо різальна кромка від вершини різця іде вгору, то кут додатний, вниз – від'ємний, а якщо вона паралельна основній площині, то $\lambda = 0$. Кут λ впливає на напрям сходу стружки.

Геометричні параметри різальної частини інструменту є важливою складовою розрахунку режиму різання, які визначають працездатність різального інструменту та управління параметрами шорсткості.

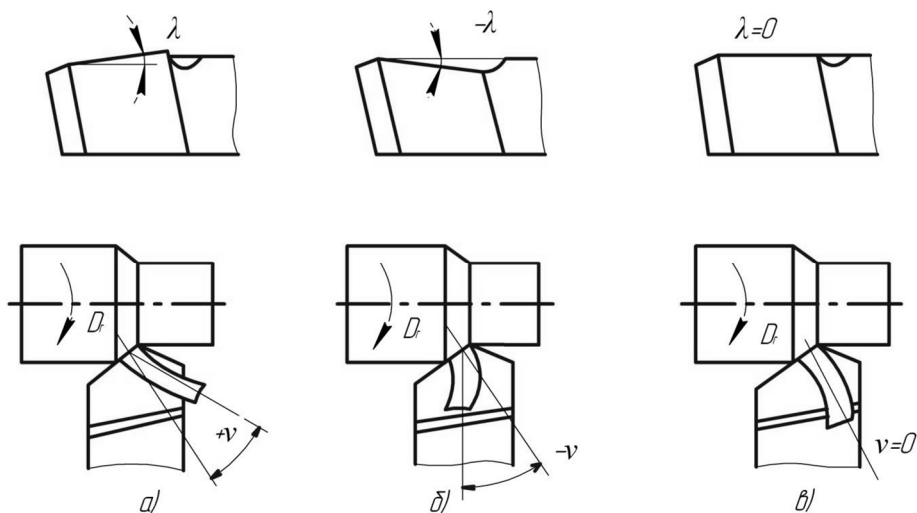


Рис. 20.4. Кутти нахилу головної різальної кромки та їх вплив на напрям сходу стружки.

На (рис. 20.5) показаний настільний кутомір, призначений для вимірювання переднього кута, задніх кутів і кута нахилу різальної кромки. По вертикальній стойці 1, закріпленій в плиті, рухається повзунок 2, вертикальне положення якого фіксується гвинтом 3. З повзунком 2 з'єднана скруглена пластина 4, яка має градусну шкалу, по котрій може рухатися важіль 5, вільно встановлений на осі 6. Важіль має три ребра А, Б, і В. Ребро "А" має гострий кінець, який знаходиться навпроти нульової поділки шкали, коли ребро "Б" горизонтальне.

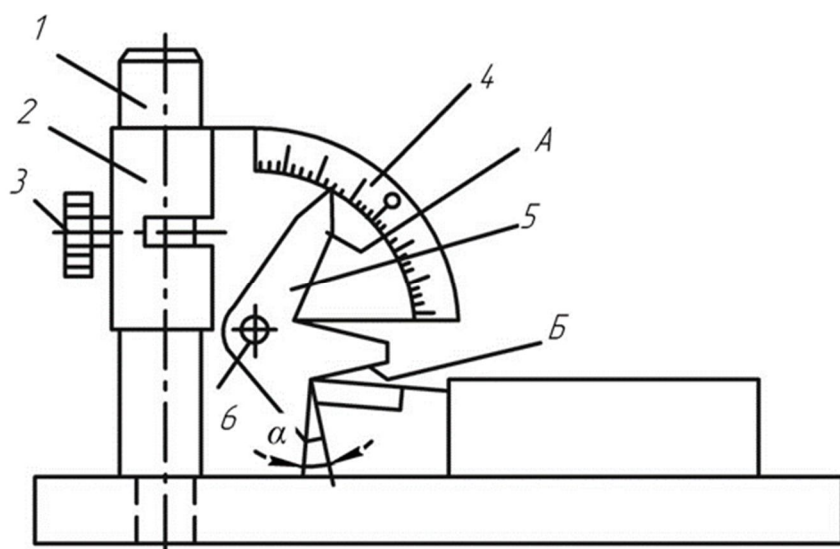
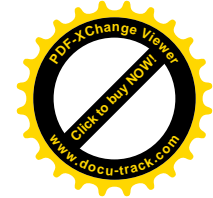


Рис. 20.5. Схема вимірювання кутоміром МІЗ.

Кут між ребрами "Б" і "В" дорівнює 90°, тому при горизонтальному положенні ребра "Б" "В" будуть розміщені вертикально. Для вимірювання заднього кута "α" ребро "В" повертають до контакту із задньою поверхнею різця, встановленого на плиті кутоміра.



Оснащення робочого місця

- ◆ Набір токарних різців.
- ◆ Плакати зі зображенням поверхонь та площин різання.
- ◆ Плакати зі зображенням головок різців різних видів.
- ◆ Макет головки різця.
- ◆ Переносний тренажер.
- ◆ Настільний і оптичний кутоміри, великий інструментальний мікроскоп БМИ–І.

20.2. Порядок виконання роботи

1. Для кожного з наявних в наборі різців дати повну класифікацію за всіма приведеними вище ознаками. Для кожного з них визначити поверхні, площини та елементи головки.

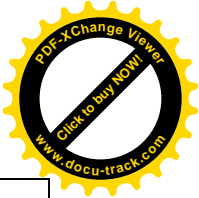
2. Вивчити основні координатні поверхні та площини, відносно яких визначаються кути різця. Для одного різця (за завданням викладача) виконати ескіз різця в процесі різання з визначенням усіх необхідних поверхонь, площин і кутів.

3. Вивчити будову універсального, маятникового, оптичного кутомірів і великого інструментального мікроскопа. На різці виконати вимірювання усіх кутів і результати вимірювання занести до протоколу звіту в табл. 20.1.

Таблиця 20.1

Кути різця та засоби їх вимірювання

Вимірюваний кут		Вимірювальний інструмент	Засоби вимірювання
Назва	Символ		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Передній кут	γ	Кутомір МИЗ	Кутомір (рис. 20.5) встановлюється в головній січній площині. Різець установлюється на основу кутоміра, визначається кут між передньою поверхнею різця та основною площиною.



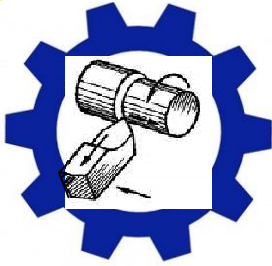
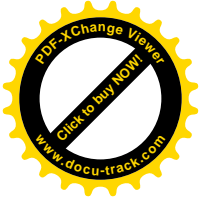
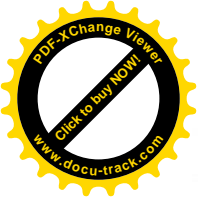
Продовження табл. 20.1

1	2	3	4
Головний задній кут	α		Установка кутоміра і різця попередня. Визначається кут між головною задньою поверхнею і площиною різання.
Кут загострення	β	Універсальний кутомір	Кут обчислюється $\beta = 90 - (\alpha + \gamma)$.
Кут різання	δ		Кут обчислюється $\delta = \alpha + \beta$
Головний кут у плані	φ	Універсальний кутомір, оптичний або БМИ	Кутумір встановлюється в площині, паралельній основній площині. Визначається кут між проекцією головної різальної кромки на основну площину і рухом подачі
Допоміжний кут у плані	φ_1		Установка кутоміра попередня. Визначається кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину руху подачі
Кут при вершині	ε		Установка кутоміра попередня. Визначається кут між проекціями головної та допоміжної різальної кромки на основну площину
Кут нахилу головної різальної кромки	λ	Кутумір МИЗ	Кутумір встановлюється в основній площині. Визначається кут між головною різальною кромкою і основною площиною в площині різання
Допоміжний задній кут	α_1		Кутумір встановлюється в площині, перпендикулярній до проекції допоміжної різальної кромки на основну площину. Визначається кут між допоміжною задньою поверхнею й площиною, проведеною через допоміжну різальну кромку перпендикулярно основній площині.



Контрольні запитання

1. З яких частин складається різець?
2. Як класифікуються різці?
3. Назвати поверхні, які утворюють головку різця.
4. Дайте визначення основної площини, площини різання, головної січної площини.
5. В якій площині вимірюються головні кути різця?
6. Знайти всі кути для підрізного, розточного, відрізного та різьбового різців.
7. Як виміряти кут нахилу головної різальної кромки?
8. Як виміряти допоміжний задній кут?



Частина V

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Лабораторна робота № 21

РОБОТА З ДІЛИЛЬНОЮ ГОЛОВКОЮ І НАСТРОЮВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНО–ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ НА НАРІЗАННЯ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА З ГВИНТОВИМ ЗУБОМ

Мета роботи – вивчити конструкцію та принцип роботи ділильної головки; практично засвоїти методи безпосереднього, простого і диференційного поділу, а також настроювання ділильної головки при фрезеруванні шестерні з косим зубом.

21.1. Основні положення і зміст роботи

В процесі виконання роботи студент за плакатами, макетом, методичними вказівками знайомиться з конструкцією та призначенням окремих частин ділильної головки. Виконує розрахунок, а потім під керівництвом лаборанта виконує настроювання ділильної головки при безпосередньому, простому й диференційному способах поділу.

Для цього необхідно вивчити види фрез, які застосовуються при нарізанні зубчастих коліс.

Ділильна головка (рис.21.1) призначена для періодичного повороту заготовки навколо осі на потрібний кут (фрезерування багатогранників, зубчастих коліс), а також для придання їй безперервного обертання, узгодженого з поздовжньою подачею (фрезерування спіральних канавок, зубчастих косозубих шестерень).

Періодичний поворот деталі, яка оброблюється, на визначений кут

виконуються способами безпосереднього, простого та диференційного поділу.

Безпосередній поділ проводять за лімбом безпосереднього поділу 4. Для цього одноходовий черв'як виводять із зачеплення черв'ячного колеса та рукоятки, тобто фіксатора з лімбу безпосереднього поділу. Тепер можна шпindel 11 повернути вручну на необхідний кут за градусною шкалою ділильного лімбу 8. Після повороту на необхідний кут шпindel знову закріплюється фіксатором із відповідним отвором лімбу безпосереднього поділу.

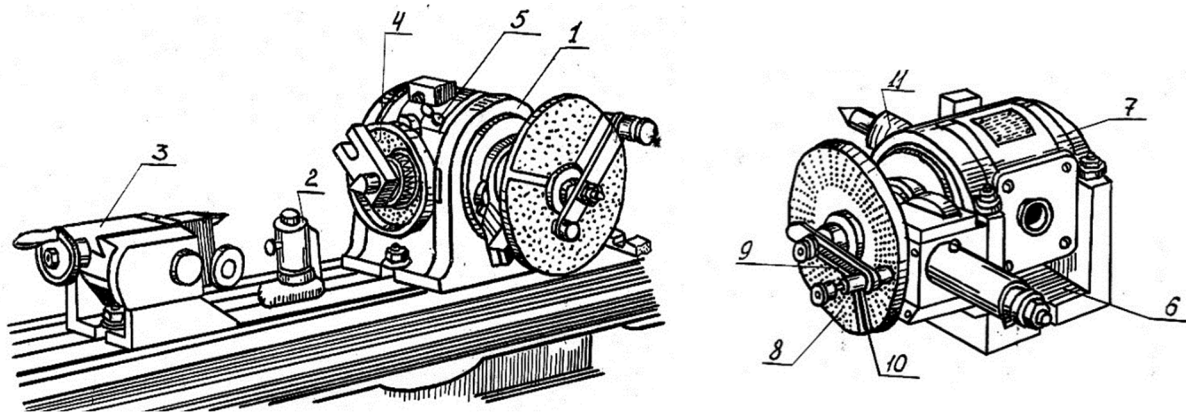


Рис. 21.1. Загальний вигляд універсальної ділильної головки
1 – ділильна головка; 2 – люнет; 3 – задня бабка; 4 – ділильний лімб;
5 – фіксатор ділильного лімбу; 6 – основа; 7 – корпус; 8 ділильний диск; 9 – рукоятка; 10 – розсувний сектор; 11 – шпindel.

Простий поділ кола на частини виконується (рис.21.2, а) при нерухомому ділильному диску 1, нерухоме положення якого забезпечується фіксатором 3. Величину повороту рукоятки 2 визначають за формулою:

$$n = \frac{N}{Z}, \quad (21.1)$$

де: N – характеристика ділильної головки. Як правило, $N = 40$, рідше 60; 80; 100;

Z – кількість частин, на яку треба розділити коло.

Після можливих скорочень і відділення цілої частини треба помножити чисельник і знаменник на таке число, щоб в знаменнику вийшло число, рівне кількості отворів на одному з концентричних кіл ділильного диску 1. Тоді ціла

частина одержаного дробу покаже кількість повних обертів рукоятки
чисельник – кількість проміжків між отворами, які необхідно відкласти по колу
з кількістю отворів, рівною знаменнику.

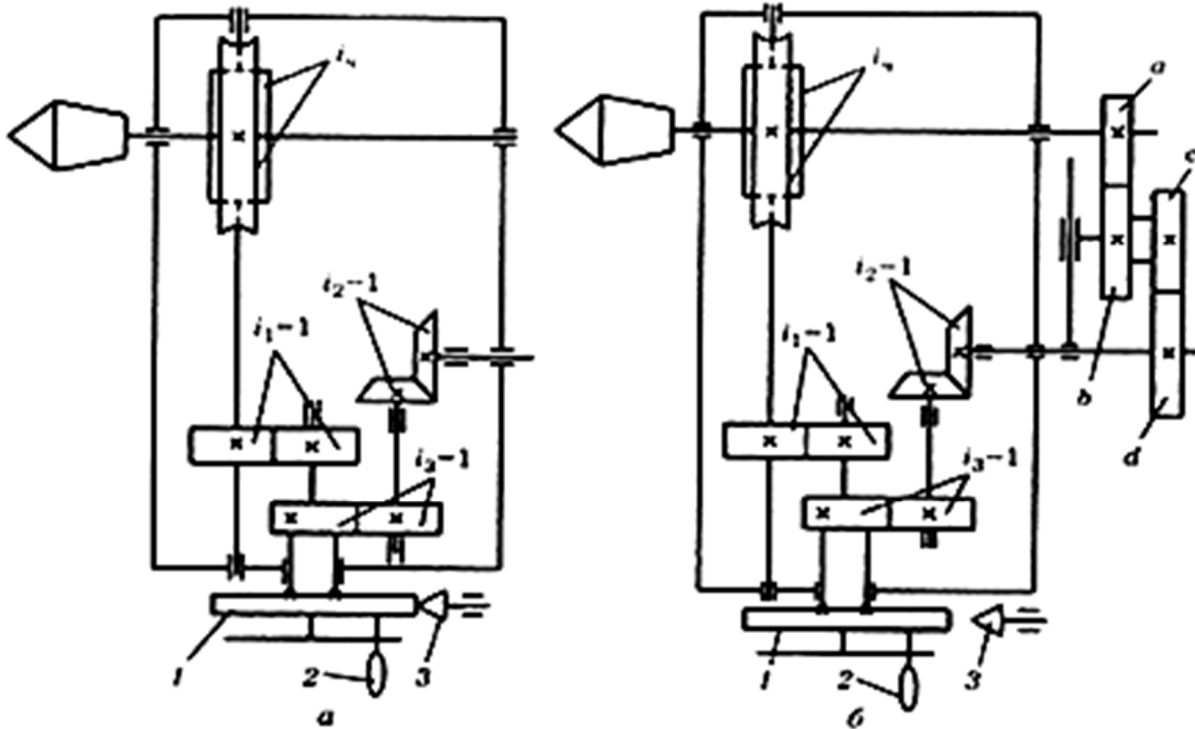


Рис. 21.2. Кінематичні схеми настроювання ділильної головки:

а – простий поділ; б – складний (диференційний поділ);

1 – ділильний диск; 2 – рукоятка; 3 – фіксатор.

На ділильному диску 1 з двох сторін є концентричні кола з такою кількістю отворів: 24; 25; 26; 30; 34; 37; 38; 39; 41; 42; 43; 46; 47; 49; 52; 53; 54; 57; 58; 62; 66. Якщо неможливо одержати в знаменнику одне з цих чисел, то необхідно застосувати диференційний поділ.

Диференційний поділ застосовують тоді, коли безпосереднім і простим способами не можна поділити коло на задану кількість частин. Проводять його при обертанні ділильного диска (рис.21.2, б).

Для цього відводять фіксатор ділильного диска, а в гітару диференціала ставлять змінні шестерні, передаточне відношення “ i ” яких визначається за формулою:



$$i = \frac{N \cdot (Z_0 - Z)}{Z_0} = \frac{a \cdot c}{v \cdot d},$$

де: Z_0 – найближче до Z число $(Z - Z_0) \leq 10$, вибране таким чином (зручно брати кратним 5), щоб можна було застосувати метод простого поділу за формулою (21.1);

a, v, c, d – кількість зубців на змінних шестернях гітари.

В комплекті ділильної головки є змінні шестерні з такою кількістю зубців: 20; 25; 30; 4 35; 40; 40; 45; 50; 55; 60; 70; 80; 90; 100.

Підібрані шестерні повинні задовольняти умовам зчеплення:

$$a + v \geq c + 15, \quad (21.3)$$

$$c + d \geq v + 15, \quad (21.4)$$

При $Z_0 > Z$ ділильний диск обертається в один бік із обертанням рукоятки.

При $Z_0 < Z$ передаточне відношення “ i ” від’ємне, а диск обертається назустріч рукоятці.

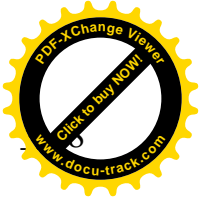
При від’ємному “ i ” в гітару, яка складається з чотирьох змінних шестерень, ставиться одна проміжна шестерня, а якщо з двох шестерень – дві проміжні шестерні.

При позитивному “ i ” в гітару із двох шестерень необхідно поставити одну проміжну шестерню.

При виготовленні зубчастих коліс застосовують методи копіювання та обкатування. До методу обкатування відноситься нарізання зубців черв’ячними фрезами, довбачами та гребінками. До методу копіювання – нарізання зубів дисковими і пальцьовими модульними фрезами (рис.21.3) на універсально-фрезерних верстатах з використанням ділильної головки.

Нарізання шестерень з косим зубом дисковими модульними фрезами проводиться на універсально-фрезерних верстатах, які мають поворотний стіл ($\pm 45^\circ$). Стіл при цьому повертають на кут нахилу зубців шестерні β .

Дискова модульна фреза це фасонна фреза з профілем зуба, який відповідає профілю западин зубчастого колеса. Для підвищення точності дискові модульні фрези підрозділяють не тільки за модулями, але й за номерами. Застосовують



комплекти з 8, 15 або 26 фрезами. Для шестерень із модулем m використовують восьмиштучні набори фрез.

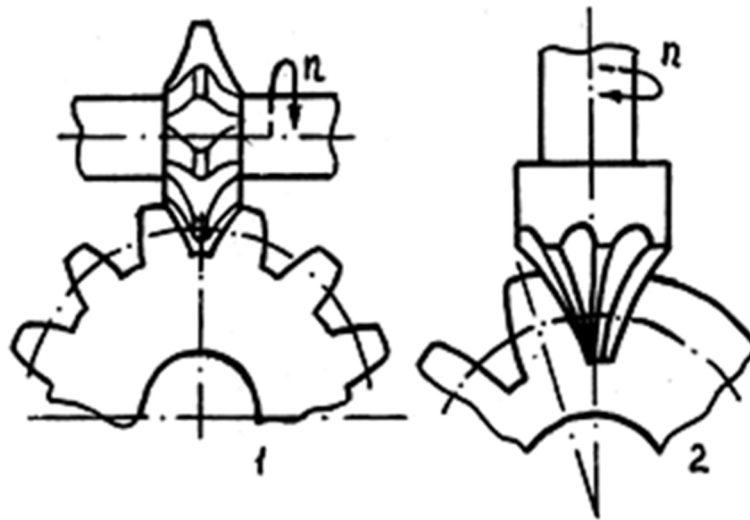


Рис. 21.3. Схема фрезерування зубців за методом копіювання:
1 – дисковою модульною фрезою; 2 – пальцевою модульною фрезою

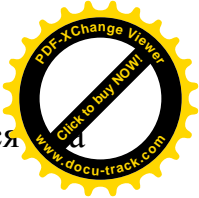
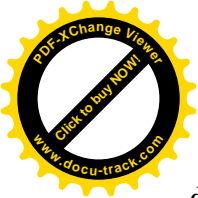
Знаючи кількість зубців Z шестерні, можна підібрати необхідний номер фрези. Підбирання фрези при нарізанні косозубої шестерні проводиться за приведеним числом зубців:

$$Z_{пр} = \frac{Z}{\cos^3 \beta} \quad (21.5)$$

При фрезеруванні гвинтових канавок (косих зубців) стіл 3 (рис.21.4) верстата із заготовкою повертається в горизонтальній площині на кут β ; правих канавок – проти ходу годинникової стрілки, лівих канавок – за ходом годинникової стрілки, а в гітару змінних зубчастих коліс має бути встановлене додаткове проміжне колесо.

Для фрезерування z гвинтових канавок (зубців) після оброблення кожної чергової канавки заготовку повертають на $1/z$ кола рукояткою, використовуючи простий поділ.

При нарізанні косозубої шестерні заготовка повинна виконувати два пов'язані між собою рухи: поступальний і обертальний. З цією метою ходовий гвинт поздовжньої подачі стола з'єднується через змінні шестерні гітари для гвинтових канавок зі шпинделем ділильної головки.



Передаточне відношення гітари змінних шестерень визначається формулою:

$$i = \frac{N \cdot t_{ГВ}}{T} = \frac{a}{\vartheta} \cdot \frac{c}{d}, \quad (21.6)$$

де: $t_{ГВ}$ – крок гвинта поздовжньої подачі стола; $t_{зв} = 6$ мм.

T – крок гвинтової лінії шестерні, мм.

$$T = \frac{\pi \cdot m_H \cdot Z}{\sin \beta}, \quad (21.7)$$

де: m_H – нормальний модуль шестерні, мм.

Підібрані шестерні перевіряють за умовами зчеплення. При фрезеруванні лівохідних шестерень в гітару між змінними шестернями “а” і “в” ставлять проміжну шестерню.

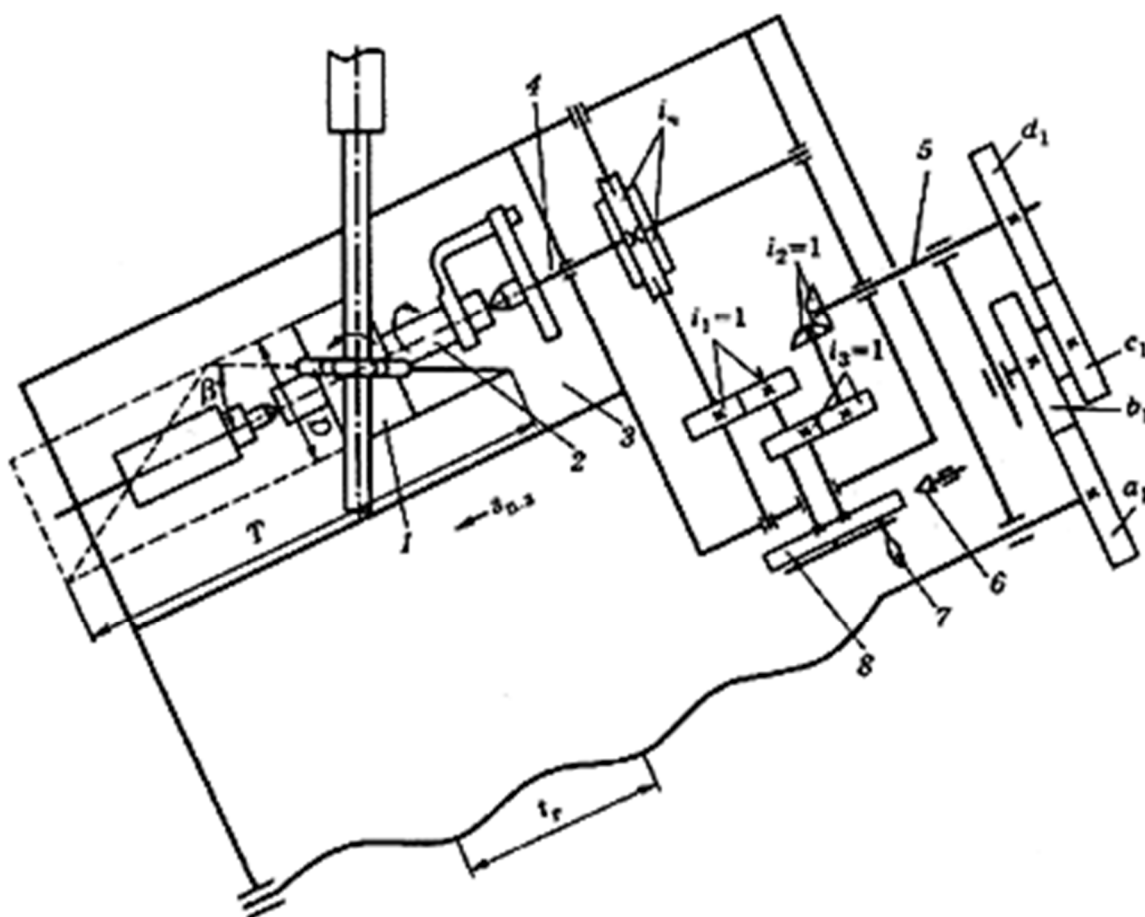


Рис. 21.4. Схема настроювання універсально-фрезерного верстата і ділильної головки на фрезерування гвинтових канавок (косих зубів)

Оснащення робочого місця.



- ◆ Універсально-фрезерний верстат 6Н81.
- ◆ Універсально-фрезерний верстат 6М82.
- ◆ Універсальна ділильна головка УДГ–135 – 2 шт.
- ◆ Штангенциркуль ШЦ I – 125 – 0,1 ГОСТ 166 – 80.
- ◆ Макет, плакати.
- ◆ Заготовки шестерні – 2 шт.

21.2. Порядок виконання роботи

1. Провести необхідні розрахунки та настроїти ділильну головку (за завданням викладача) на безпосередній, простий та диференційний поділ. Зобразити у звіті схеми настроювання.

2. Провести необхідні розрахунки та настроїти універсально-фрезерний верстат (за завданням викладача) на фрезерування шестерні з косим зубом. Зобразити у звіті схему настроювання.

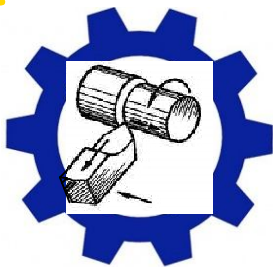
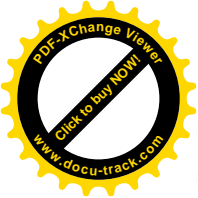
3. Вибрати заготовку шестерні та установити її на оправці в ділильній головці. Діаметр заготовки визначається за формулою: $d_{зат} = m \cdot (Z + 2)$.

4. Установити глибину фрезерування h , розраховану за формулою: $h = 2,2 \cdot m$.

5. Профрезерувати шестерню з косим зубом.

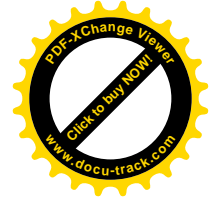
Контрольні запитання

1. Які існують способи поділу?
2. Що називається характеристикою ділильної головки?
3. Коли використовують диференціальний поділ?
4. В яких випадках при диференціальному поділі в гітару змінних шестерень ставлять проміжні шестерні?
5. Які існують методи нарізання зубчастих коліс?
6. Як правильно вибрати дискову модульну фрезу?
7. Чи можливо при нарізанні косозубої шестерні на універсально-фрезерному верстаті здійснювати диференційний поділ?



Частина V

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ



Лабораторна робота № 22

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ РЕЖИМУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ТОЧІННІ

Мета роботи – вивчити вплив швидкості різання та подачі на шорсткість зовнішньої поверхні тіл обертання при точінні. Освоїти методику визначення параметра Rz шорсткості обробленої поверхні за допомогою подвійного мікроскопа МИС–11.

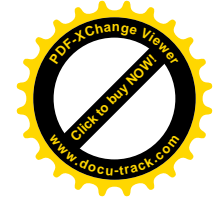
22.1. Основні положення і зміст роботи

Поверхня, яка обмежує деталь і відокремлює її від навколишнього середовища, називається *реальною поверхнею*. Ця поверхня утворюється у процесі оброблення та, на відміну від номінальної поверхні, зображеної на кресленнях, має нерівності різних форм та висоти.

Шорсткістю поверхні називається сукупність нерівностей із відносно малими кроками, які утворюють рельєф поверхні та розглядаються у межах ділянки, довжина якої вибирається залежно від характеру поверхні та дорівнює базовій довжині.

Шорсткість поверхні після механічного оброблення – це, насамперед, геометричний слід різального інструменту, утворений внаслідок пластичної та пружної деформацій та вібрації технологічної системи, яка супроводжує процес різання.

Згідно з ДСТУ ГОСТ 25142:2009 встановлено шість параметрів шорсткості поверхні:



- 1 – середнє арифметичне відхилення профілю Ra , мкм;
- 2 – висота нерівностей профілю за десятима точками Rz , мкм;
- 3 – найбільша висота нерівностей профілю R_{max} , мкм;
- 4 – середній крок нерівностей профілю S_m , мм;
- 5 – середній крок місцевих виступів профілю S , мм;
- 6 – відносна опорна довжина профілю t_p , %.

Вимоги до шорсткості встановлюють за одним або декількома параметрами шляхом надання їх чисельних значень і значень базової довжини, на якій відбувається визначення параметрів.

Для вимірювання шорсткості поверхні використовуються:

- прилади безконтактної дії (оптичні) – подвійний мікроскоп МИС–11, прилад світлового перерізу ПСС–2, прилад тіньового перерізу ПТС–2, мікроінтер – ферометри (МІІ–4, МІІ–5, МІІ–9, МІІ–10, МІІ–15), растровий вимірювальний мікроскоп ОРІМ–1;
- прилади контактної дії – профілометри моделей: 283, 253, 240 і профілометри – профілографи моделей 201, 202, 252; пневматичні.

Прилади першої групи призначені, головним чином, для контролю шорсткості поверхні у лабораторіях. У виробничих умовах контроль шорсткості поверхні здійснюється приладами другої групи чи порівнянням поверхні, що контролюється, з поверхнею еталонів шорсткості (неозброєним оком, за допомогою луп або порівняльних мікроскопів).

Метод визначення шорсткості шляхом порівняння з еталонними зразками не дозволяє визначити дійсну висоту нерівностей. Точне кількісне визначення висоти мікронерівностей здійснюється за допомогою подвійного мікроскопу або профілографа – профілометра.

За допомогою подвійного мікроскопу МИС–11 конструкції академіка В.П. Лінника можна вимірювати шорсткість поверхні за параметрами Rz , R_{max} і S .

Подвійний мікроскоп (рис.22.1) складається з масивної основи 1 з колоною 2. На колоні гайкою 3 переміщується кронштейн 4, на якому встановлені тубуси проектуючого 5 та спостережного 6 мікроскопів. У нижній частині кожного тубуса розміщені об'єктиви 7, 8. У верхній частині проектуючого

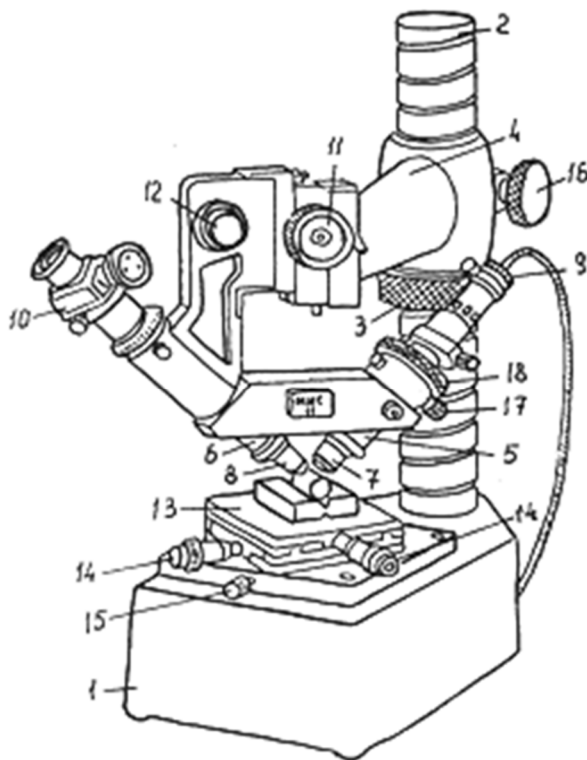
мікроскопа знаходиться патрон із лампою 9. У верхній частині спостереж. мікроскопа встановлено окулярний гвинтовий мікрометр 10 для візуальних вимірювань.

Фокусування мікроскопів здійснюється кремальєрою 11 грубого настроювання та мікрометричним механізмом 12. Предметний поворотний столик 13 переміщується мікрогвинтами 14 у двох взаємно перпендикулярних напрямках, обертається навколо вертикальної осі й фіксується стопорним гвинтом 15. До подвійного мікроскопа МИС–11 додаються чотири пари змінних об'єктивів табл. 22.1.

Таблиця 22.1

Характеристика об'єктивів до подвійного мікроскопа МИС–11

Фокусна відстань F, мм	Збільшення об'єктива	Поле зору, мм	Діапазон вимірювання висоти нерівностей профілю, мкм
25	5,9 х	1,8	6–63
13,89	10,5 х	1,0	3–19
8,16	18,0 х	0,6	1,5–7
4,25	34,5 х	0,3	0,8–3



Подвійний мікроскоп МИС–11

складається з:

- 1 – основа; 2 – колона;
- 3 – гайка; 4 – кронштейн;
- 5 – проектуючий мікроскоп;
- 6 – спостережний мікроскоп;
- 7, 8 – об'єктиви;
- 9 – освітлювач;
- 10 – окулярний гвинтовий мікрометр.



Рис. 22.1. Загальний вигляд подвійного мікроскопа МІС–11

Принцип дії мікроскопу показано на (рис. 22.2 та 22.3). Величина v зміщення зображення S_2'' відносно S_1'' є мірою висоти сходинки h .

Виходячи з оптичних та геометричних параметрів подвійного мікроскопа, реальна висота профілю поверхні визначається за формулою:

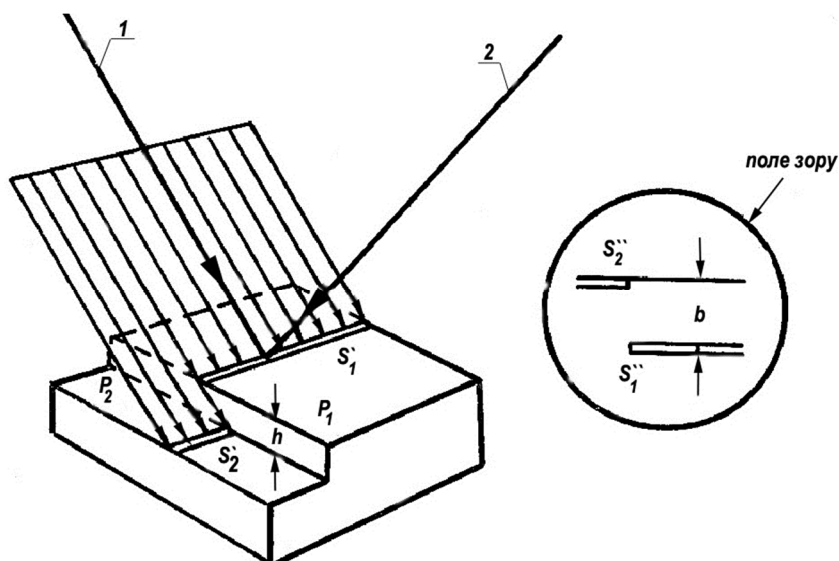
$$h = \frac{v}{N \cdot \sqrt{2}}, \quad (22.1)$$

де: N – збільшення об'єктива спостережного мікроскопа за табл. 22.1.

Для вимірювання величини v , що відповідає висоті h вимірюваної нерівності, обертанням барабана окулярного мікрометра горизонтальна нитка послідовно сполучається насамперед з верхнім, потім із нижнім краєм зображення нерівності. Різниця відліку дає величину $a = v \cdot \sqrt{2}$, оскільки нитки переміщуються під кутом 45° до вимірюваного відрізка.

Тоді
$$h = \frac{a}{2N}, \quad (22.2)$$

На (рис 22.2) зображено геометричні параметри, які представлені такими величинами: P_1 – контрольована поверхня; P_2 – поверхня сходинки; h – висота сходинки; S_1, S_1', S_2'' – зображення щілини; b – величина зміщення зображення: S_2'' відносно S_1'' .



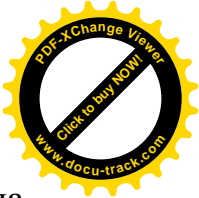


Рис. 22.2. Принцип дії подвійного мікроскопу:

1 – вісь проектуючого мікроскопа; 2 – вісь спостережного мікроскопа.

Підготовка мікроскопу до роботи.

Перед вимірюванням подвійний мікроскоп настраюють у такій послідовності:

– установити досліджуваний зразок на столик мікроскопу (в призмі) так, щоб сліди від оброблення на контрольній поверхні були паралельні площині, що проходить через осі мікроскопів;

– за допомогою гайки 3 (рис.22.1) встановити кронштейн 4 так, щоб об'єктиви мікроскопів були на відстані 10–15 мм від поверхні деталі та зафіксувати гвинтом 16;

– освітлюючи вимірювальну поверхню, наприклад настільною лампою, кремальєрою 11 і мікрометричним механізмом 12, сфокусувати спостережний мікроскоп таким чином, щоб різко зображена ділянка поверхні опинилася у середині поля зору;

– щілина проектуючого мікроскопу 5 освітлюється лампою 9; зображення щілини гвинтом 17 переміщується до центру поля зору спостережного мікроскопа 6 і гайкою 18 фокусується на вимірювальну поверхню; різкий край зображення щілини гвинтом 17 сполучується із ділянкою різкого зображення поверхні; якщо при цьому порушується фокусування мікроскопу на щілину, то вона встановлюється за допомогою гайки 18, після чого знову гвинтом 17 різкий край щілини точно сполучається з ділянкою різкого зображення поверхні;

– гвинтовий окулярний мікрометр 10 повернути, щоб одна з ниток перехрестя була паралельною зображенню щілини. Потім слід переходити до вимірювання висоти нерівностей.

Вимірюючи висоту гребінців (глибину западин) на подвійному мікроскопі МИС–11 можна визначити параметр R_z , який визначається як сума середніх арифметичних відхилень точок п'яти найбільших мінімумів і п'яти найбільших максимумів профілю в межах базової довжини (рис. 22.4):

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |h_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |h_{vi}|}{5} = \frac{\sum_{i=1}^5 h_i}{5}, \quad (22.3)$$

де: h_i – висота гребінця, мкм;

h_{pi} – відстань від вищих точок п'яти найбільших максимумів, мкм;

h_{vi} – відстань від нижчих точок п'яти найбільших мінімумів, мкм.

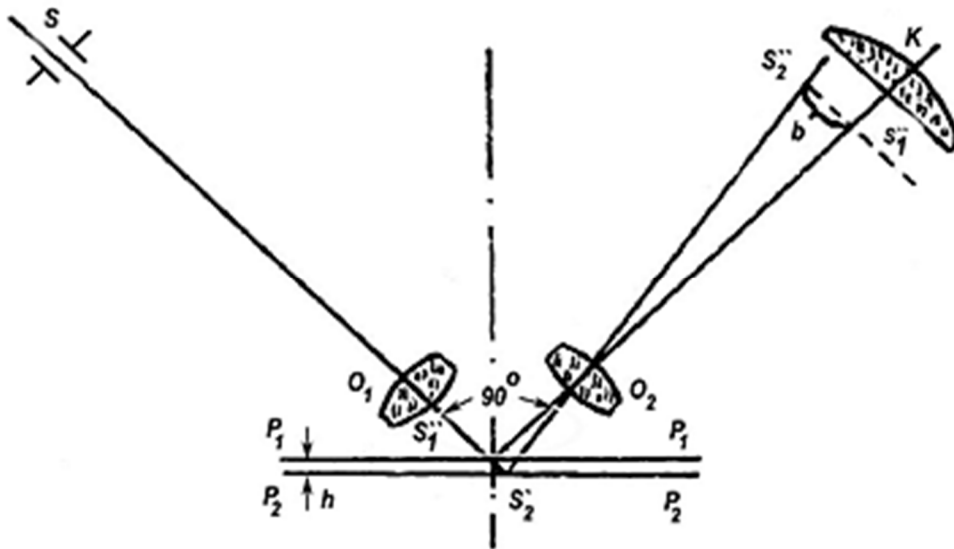


Рис. 22.3. Принципова оптична схема подвійного мікроскопу

O_1, O_2 – об'єктиви мікроскопу; K – окулярний мікрометр;

S – вузька освітлена щілина.

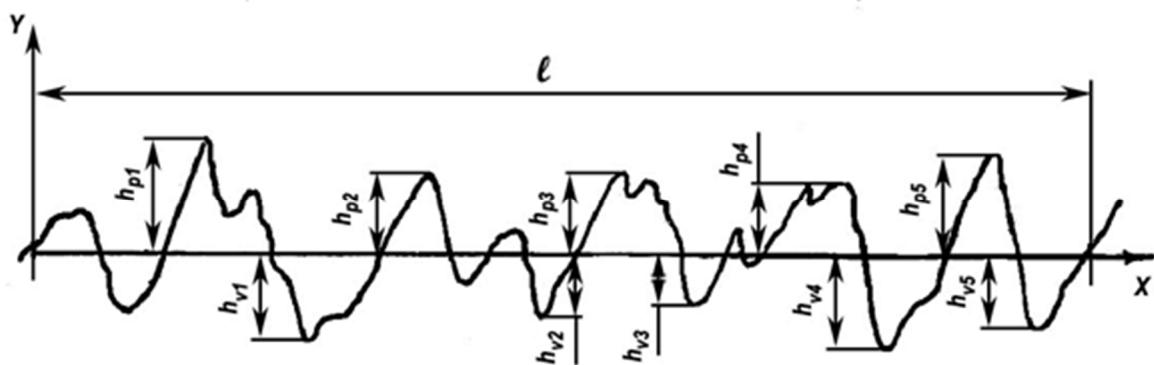


Рис. 22.4. Схема визначення параметра R_z

h_{pi} – висота i -го найбільшого виступу профілю; h_{vi} – глибина i -ї найбільшої западини профілю; l – базова довжина

Оснащення робочого місця.



- ◆ Токарно-гвинторізний верстат.
- ◆ Заготовки (2 шт.) – круглий прокат, сталь 45, діаметром 40–50 мм, довжиною 250–300 мм із прорізними канавками $v = 5$ мм через 25 мм.
- ◆ Різець прохідний із пластинкою твердого сплаву Т15К6 і радіусом при вершині $r = 1,0$ мм.
- ◆ Подвійний мікроскоп МИС–11.
- ◆ Штангенциркуль ЩЦІ–125–0,1.
- ◆ Еталони шорсткості поверхні при точінні.

Таблиця 22.2

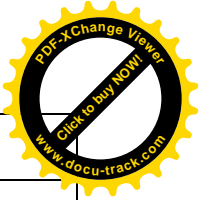
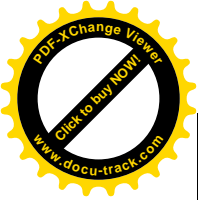
Співвідношення значень параметру Rz і базової довжини l

Rz , мкм	l , мм	Rz , мкм	l , мм
До 0,10	0,08	Понад 1,6 до 12,5	0,8
Понад 0,10 до 1,6	0,25	Понад 12,5 до 50	2,5
		Понад 50 до 400	8,0

Таблиця 22.3

Протокол експериментів вимірювань шорсткості поверхні

№ Шийки заготовки	Величина подачі, S , мм/об	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання, n , об/хв.	Підсумки вимірювання параметра Rz , мкм					$\overline{Rz} = \frac{\sum Rz_i}{5}$
				1	2	3	4	5	
1.1	0,11	10							
1.2	0,11	20							
1.3	0,11	40							
1.4	0,11	80							
1.5	0,11	120							
2.1	0,07	120							
2.2	0,14	120							
2.3	0,28	120							



2.4	0,54	120							
2.5	1,0	120							

22.2. Порядок виконання роботи

1. Відповідно до табл. 22.3 обробити заготовки при різних режимах різання. Глибина різання в усіх експериментах однакова $t = 0,5$ мм, номер заготовки нанесений на її торці.

2. Порівняти шорсткість оброблених ділянок заготовок із шорсткістю поверхні еталонів і зробити висновки.

3. Визначити параметр Rz усіх оброблених ділянок заготовок за допомогою подвійного мікроскопа МИС–11. До протоколу вимірювань занести середнє арифметичне п'яти вимірювань.

4. Побудувати графіки залежності шорсткості поверхні від швидкості різання $Rz = f(v)$ і подачі $Rz = f(S)$.

Контрольні запитання

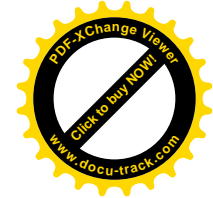
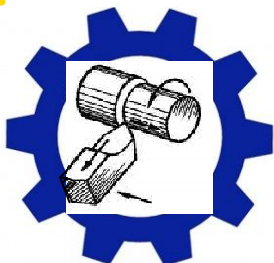
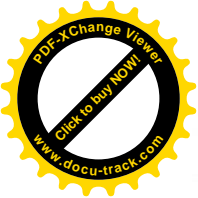
1. Що таке шорсткість поверхні? Якими методами та приладами можна її визначити?

2. Які основні фактори впливають на шорсткість поверхні при обробленні? Поясніть, чому з підвищенням швидкості різання шорсткість поверхні зменшується?

3. Чому в діапазоні швидкості різання 20–30 м/хв шорсткість збільшується?

4. Як пояснити характер зміни шорсткості поверхні зі зміною величини подачі?

5. Як змінюється шорсткість поверхні зі зміною технологічних факторів (v , S , МОР (мастильно–охолоджуючої рідини), σ_B)?



Частина V

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Лабораторна робота № 23

ВИЗНАЧЕННЯ УСАДКИ СТРУЖКИ

Мета роботи – ознайомитися із пластичною деформацією стружки та її залежністю від швидкості різання, подачі та величини переднього кута.

23.1. Основні положення і зміст роботи

Шар металу, який у процесі різання перетворюється у стружку, зазнає пружної та пластичної деформації, внаслідок чого виникає зміна фізико-механічних властивостей стружки та поверхневого шару оброблюваної деталі (рис.23.1).

Змінювання розмірів стружки в порівнянні з довжиною і товщиною зрізаного шару металу характеризується коефіцієнтом усадки стружки (коефіцієнт потовщення K_a і укорочення K_L стружки):

$$K_a = K_L = \frac{L}{L_0} = \frac{a_0}{a}, \quad (23.1)$$

де: L і L_0 – довжина шляху різання та довжина стружки відповідно;

a і a_0 – товщина зрізаного шару металу та стружки.

Коефіцієнт усадки стружки залежить від властивостей оброблюваного матеріалу. Чим більш пластичний матеріал, тим легше він деформується і тим більше його усадка. Крихкі метали зазнають невеликої пластичної деформації і стружка одержує малу усадку.

На усадку стружки впливають також швидкість різання, передній кут, товщина зрізаного шару та МОР (мастильно–охолоджувальна рідина).

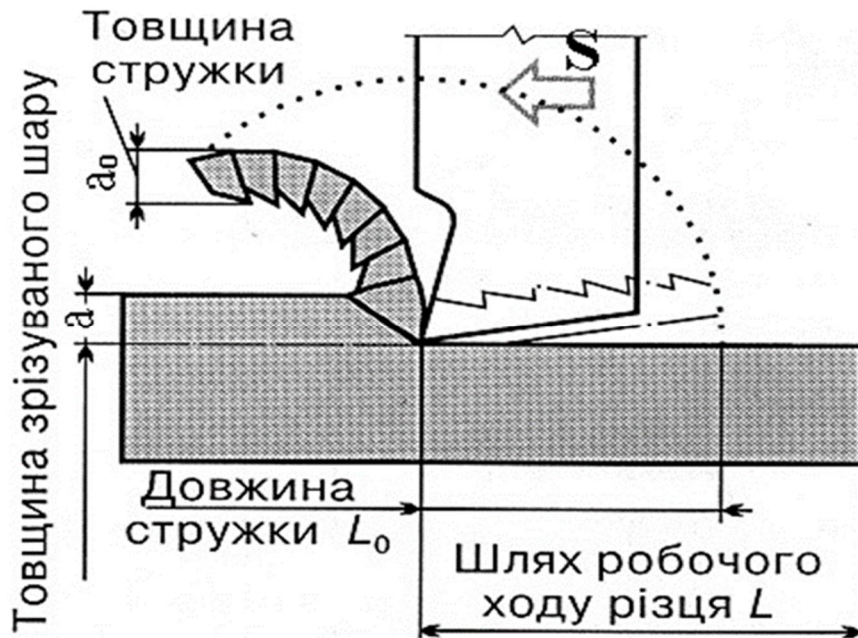


Рис. 23.1. Схема процесу різання для визначення коефіцієнтів усадки стружки

Зі зменшенням переднього кута γ коефіцієнт усадки стружки збільшується (рис.23.2). Зі збільшенням подачі – зменшується.

Коефіцієнт усадки стружки зі збільшенням швидкості різання змінюється під впливом наросту та зі зміною коефіцієнта тертя (рис.23.4).

Оптимальні значення коефіцієнта усадки стружки K для різних оброблюваних матеріалів, режимів різання та геометрії інструмента знаходяться в межах 1,8–3,0.

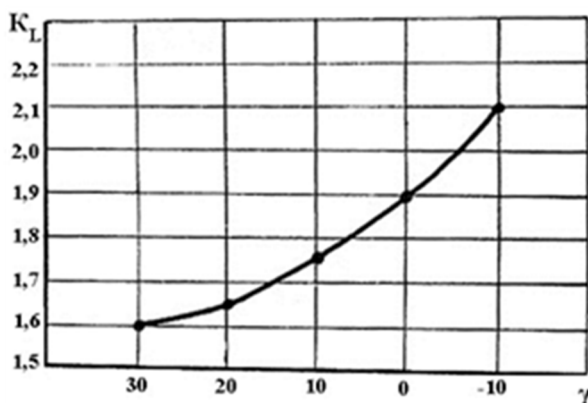


Рис. 23.2. Вплив переднього кута на коефіцієнт усадки стружки K_L

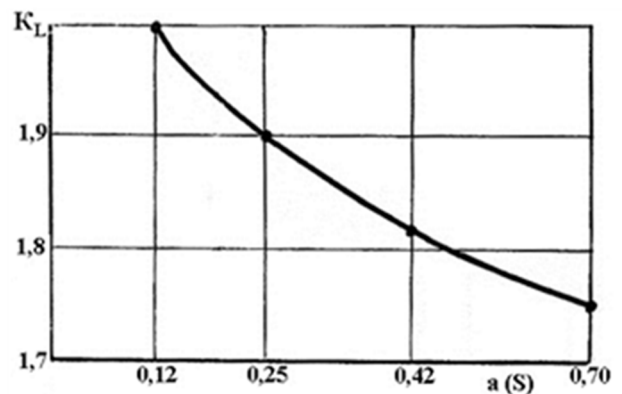


Рис. 23.3. Вплив величини подачі (товщини зрізу «а») на коефіцієнт усадки стружки K_L

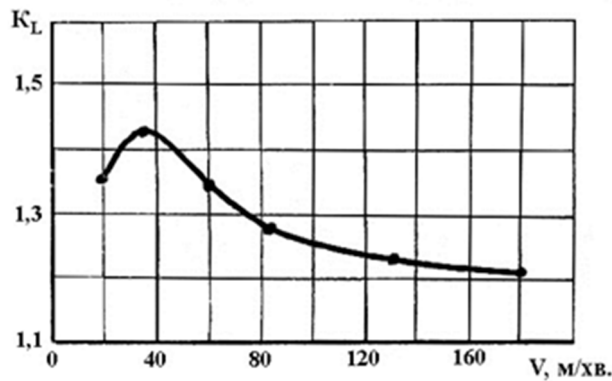


Рис. 23.4. Вплив швидкості різання v на коефіцієнт усадки стружки K_L

Оснащення робочого місця.

- ◆ Поперечно-стругальний верстат 7Б35.
- ◆ Прокідні різці Т5К10 ГОСТ 18879–73, $\gamma = 20^\circ; 10^\circ; 0^\circ; -5^\circ$.
- ◆ Заготовка прямокутної форми 100x60x40 мм, матеріал сталь – 45.
- ◆ Штангенциркуль ШЦ I–125–0,1.
- ◆ Дріт мідний: діаметр 0,3–0,5 мм, довжина 200 мм.

23.2. Порядок виконання роботи

1. При дослідженнях визначається усадка стружки в залежності від швидкості різання, подачі та переднього кута. Постійними факторами є глибина різання, матеріал і геометричні параметри різця ($\alpha, \varphi, \varphi_1$). Визначення усадки проводиться шляхом вимірювання довжини стружки тонким мідним дротом

($d = 0,3-0,5$ мм) і порівнянням її з довжиною зрізу.

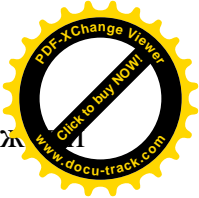
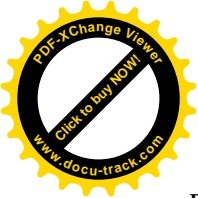
2. Виконується три серії експериментів згідно протоколу табл. 23.1.

На кожному режимі різання знімається по п'ять стружок. До розрахунку приймається середнє арифметичне п'яти замірів довжини стружок.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{n \cdot L \cdot (1 + m)}{1000}, \text{ м/хв}, \quad (23.2)$$

де: L – довжина ходу повзуна, мм; m – відношення швидкості робочого ходу повзуна до швидкості холостого ходу: $m = v_{px}/v_{xx} = 75$.



Усадка стружки визначається відношенням довжини зрізу L до довжини вимірної стружки L_0 :

$$K_L = \frac{L}{L_0}, \quad (23.3)$$

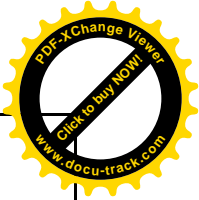
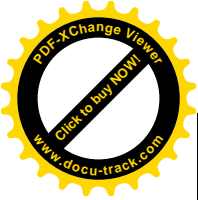
Результати розрахунків заносяться до табл. 23.1.

За дослідними даними слід побудувати графіки залежності $K_L = f(v)$, $K_L = f(S)$, $K_L = f(\gamma)$ в прямокутній системі координат і зробити висновки про вплив елементів режиму різання на коефіцієнт поздовжньої усадки стружки та навести приклади їх практичного використання при обробленні деталей на верстатах.

Таблиця 23.1

Протокол експериментів і результатів вимірювань

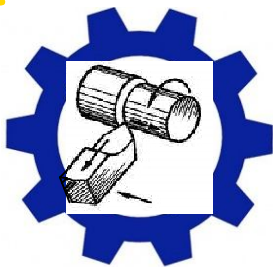
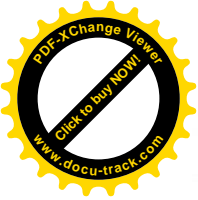
Режими різання				Передній кут γ , град.	Середня довжина стружки L_0 , мм	Коефіцієнт поздовжньої усадки стружки $K_L = L/L_0$
Глибина різання t , мм	Подача S , мм/подв. хід	Число подвійних ходів n , подв. хід/хв.	Швидкість різання v , м/хв.			
1,5	0,6	12,3		+10		
1,5	0,6	25		+10		
1,5	0,6	49		+10		
1,5	0,6	100		+10		
1,5	0,3	49		+10		
1,5	0,6	49		+10		
1,5	0,9	49		+10		
1,5	1,2	49		+10		



1,5	0,6	49		+20		
1,5	0,6	49		+10		
1,5	0,6	49		0		
1,5	0,6	49		-10		

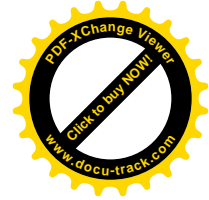
Контрольні запитання

1. Що таке усадка стружки?
2. Як визначається коефіцієнт поздовжньої й поперечної усадки стружки?
3. Як пояснити залежність усадки стружки від подачі?
4. Як пояснити залежність усадки стружки від швидкості різання?
5. Що таке оброблюваність матеріалів і як вона пов'язана з усадкою стружки?
6. Що таке наріст та його залежність від швидкості різання?



Частина V

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ



Лабораторна робота № 24

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ РЕЖИМУ РІЗАННЯ НА СИЛУ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

Мета роботи – набуття навичок самостійної роботи з дослідження сил різання при точінні. Вивчення впливу елементів режиму різання (глибини різання, подачі, швидкості різання) на складові сили різання.

24.1. Основні положення і зміст роботи

Сили різання є важливими параметрами процесу різання. Від їх величини залежить потужність, необхідна для здійснення різання. Вони впливають на спрацювання інструмента та вібрації, а отже, і на якість обробленої поверхні. Сили різання є вихідними даними при розрахунках на міцність та жорсткість різальних інструментів, елементів оснащення, вузлів деталей металорізальних верстатів.

При практичному вивченні сил різання при поздовжньому точінні рівнодіючу силу R , яка діє на різальний інструмент, розкладають у трьох напрямках на три складові (рис. 24.1):

P_z – головна складова сили різання, яка за напрямком збігається зі швидкістю головного руху різання на вершині леза. За цією силою визначається крутний момент та потужність різання;

P_x – осьова складова сили різання, яка паралельна осі головного обертального руху різання. За максимальною величиною цієї сили розраховується механізм поздовжньої подачі верстата;

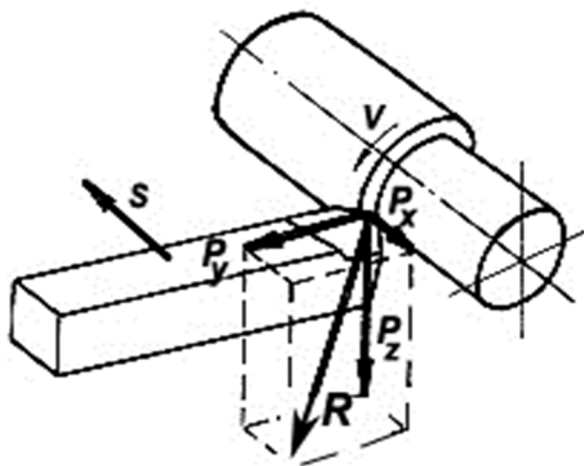


Рис. 24.1. Сили різання при точінні

P_y – радіальна складова сили різання, яка спрямована по радіусу головного обертального руху на вершині леза. Вона спричиняє вигин оброблюваної деталі й виникнення вібрацій, отже має найбільший вплив на точність і геометричну форму оброблюваної деталі.

Між складовими сили різання існує таке співвідношення:

$$P_z : P_y : P_x = 1 : (0,55-0,45) : (0,45-0,25).$$

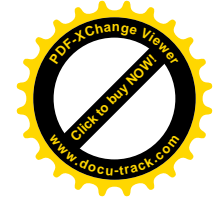
Сила різання R визначається:

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_x^2 + P_y^2}$$

Приблизно $R = 1,1 \cdot P_z$.

Для експериментального визначення сил різання застосовують динамометри, як правило швидкодіючі тензометричні. Суть тензометрії полягає в тому, що дротяний тензодатчик, який виготовлено із спеціального сплаву, реагує на пружні деформації об'єкту (в нашому випадку різець), на який цей датчик наклеєно. Під дією пружних деформацій у датчику генерується електрорушійна сила (ЕРС), яку після підсилення в тензостанції можна зафіксувати на шлейфовому осцилографі або моніторі ПЕОМ. Для вимірювання сил різання звичайно застосовуються трьохкомпонентні динамометри УДМ600, УДМ-1000 та ін., де цифри відповідають максимально допустимій силі в кГс.

Динамометри в залежності від кількості вимірюваних складових бувають одно-, двох- і трьох компонентні. Кожен динамометр складається з пристрою для закріплення різця та розкладу сили різання на складові. На відміну від тензометричних, прості механічні динамометри мають в своїй основі плоскі пружини, переміщення яких під дією сил фіксується візуально за допомогою індикатора.



Сила різання залежить від таких факторів:

- перерізу шару, який зрізується (axv);
- швидкості різання;
- геометричних параметрів різальної частини інструменту;
- ступеня зносу інструменту;
- марки та механічних властивостей оброблюваного матеріалу;
- структурного стану оброблюваного матеріалу;
- матеріалу різальної частини інструменту;
- виду МОР.

Залежність сили різання від перерізу зрізуваного шару є основною для визначення оптимальних режимів різання, марки верстата, пристроїв та інструментів. Ця залежність описується емпіричною формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^z, \text{ Н} \quad (24.1)$$

де: C_p – коефіцієнт, який враховує марку матеріалу, який оброблюють.

Емпіричне рівняння (24.1) має чотири невідомих величини: C_p, x, y, z .

Для їх визначення проводяться три серії дослідів згідно протоколу за табл. 4.1. Перша серія дослідів проводиться при $t, v = const$, друга при $v, S = const$, третя при $t, S = const$.

Покажемо, як оброблюються експериментальні дані на прикладі третьої серії дослідів.

Оскільки при $t, S = const$, то величини t^x, S^y будуть постійними, їх можна включити до коефіцієнта C_p .

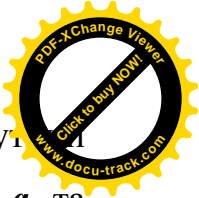
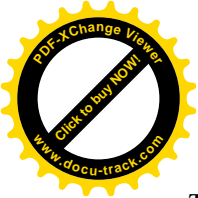
Тоді
$$P'_z = C'_p \cdot v^z. \quad (24.2)$$

Рівняння (24.2) – ступеневе, тому на графіку відбивається параболічною кривою. Якщо прологарифмувати це рівняння, то одержимо:

$$\lg P'_z = \lg C'_p + z \cdot \lg v, \quad (24.3)$$

Якщо побудувати графік цієї залежності у подвійній логарифмічній системі координат, він матиме вигляд прямої лінії функції $y = b + ax$.

Показник ступеню z чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу a цієї прямої.



Для його визначення на графіку довільно виділяється прямокутник і трикутник, і за допомогою лінійки вимірюються протилежний катет a та прилеглий b .

Тоді
$$z = \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}. \tag{24.4}$$

Аналогічно визначаються показники ступеню x і y в формулі (24.1), як кутові коефіцієнти відповідних графіків.

У нашому випадку показник ступеню z буде від'ємний (лінія графіка вниз), показники x і y – додатні (лінії ідуть вгору) (рис.24.2).

Знайшовши x , y , z і використовуючи результати, внесені до протоколу будь-якого дослід, або графіка, за формулою (24.1), знаходимо числові значення коефіцієнта C_p :

$$C_p = \frac{P_z}{t^x \cdot S^y \cdot v^z}, \tag{24.5}$$

Аналогічно визначаємо залежності:

$$P_x = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^z, \tag{24.6}$$

$$P_y = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^z, \tag{24.7}$$

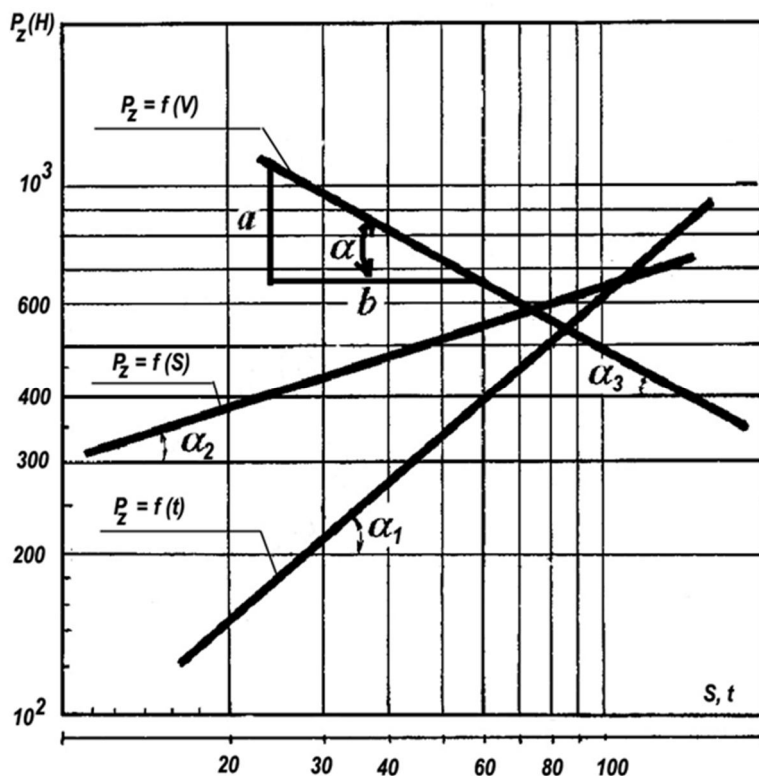
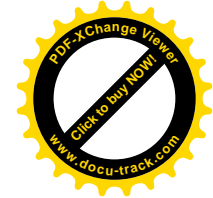


Рис. 24.2. Залежність складової сили різання від режимів різання



Оснащення робочого місця.

- ◆ Токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20.
- ◆ Заготовка – сталь 45, $\sigma_B = 750$ МПа.
- ◆ Прохідний різець Т5К10, 16x25 ($\varphi = 45^\circ$, $\varphi_l = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\gamma = 20^\circ$).
- ◆ Універсальний динамометр УДМ-600 конструкції ВНДІ (всесоюзного науково–дослідного інституту інструменту).

24.2. Порядок виконання роботи

1. Установити і закріпити заготовку. Установити динамометр із різцетримачем на верстат, закріпити різець. Увімкнути підсилювач і відрегулювати коефіцієнт підсилення $m = 2,5$ (рис.24.3).

2. Провести три серії досліджень згідно протоколу табл. 24.1.

3. Записати покази динамометра і визначити величини сил різання за формулою і внести їх до протоколу:

$$P_z = \frac{A_z \cdot m_z}{K_z} = \frac{A_z \cdot 25}{0,75} = 3,3 \cdot A_z, \text{ Н} \quad (24.8)$$

$$P_x P_y = \frac{A_{x,y} \cdot m_{x,y}}{K_{x,y}} = \frac{A_{x,y} \cdot 25}{1,45} = 1,7 \cdot A_{x,y} \quad (24.9)$$

де:

$A_{x,y,z}$ – показники мікроамперметрів при вимірюванні P_x , P_y , P_z (мА);

m – коефіцієнт підсилення, визначений експериментами; $m = 2,5$;

K – коефіцієнт тарувального графіку; $K_z = 0,75$; $K_x = K_y = 1,45$.

4. За результатами експериментів побудувати в подвійних логарифмічних координатах залежності: $P_z = f(t, S, v)$, $P_x = f(t, S, v)$, $P_y = f(t, S, v)$.

5. Вивести загальну формулу для визначення складових сили різання в залежності від досліджуваних параметрів.

6. Дати висновки щодо впливу різних факторів на складові сили різання.

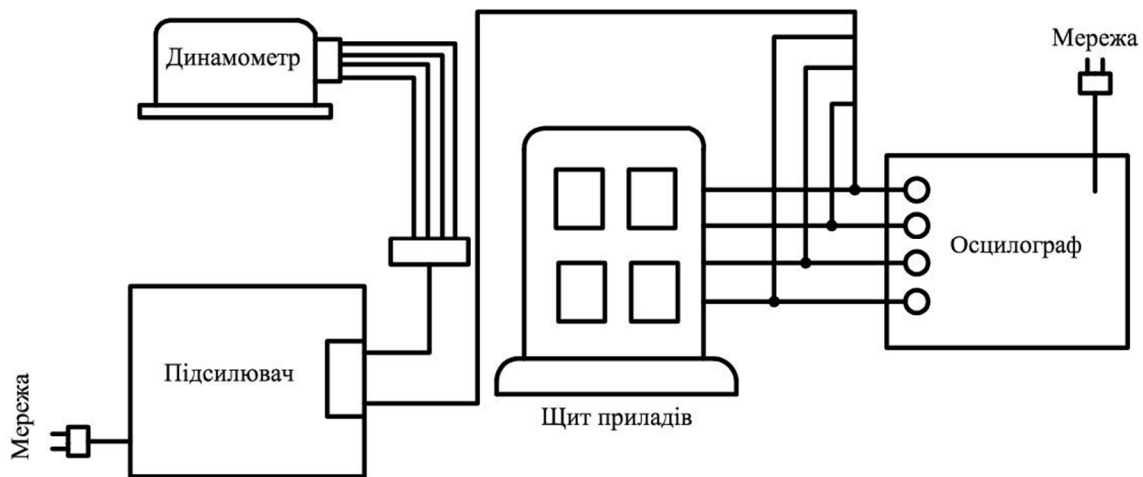
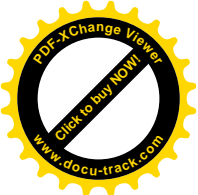


Рис. 24.3. Схема з'єднання пристроїв, які входять до комплекту динамометра

Таблиця 24.1

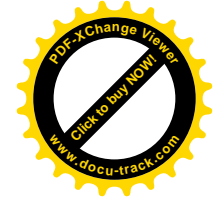
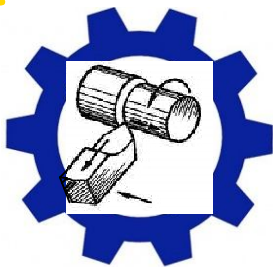
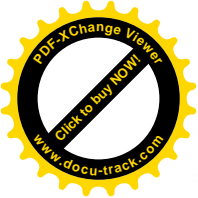
Протокол експериментів та вимірювань

№ з/п	Режим різання				P_z		P_y		P_x	
	t	S	n	V	μA	Н	μA	Н	μA	Н
1	0,50	0,3	400							
2	0,75	0,3	400							
3	1,00	0,3	400							
4	1,25	0,3	400							
5	1,50	0,3	400							
6	1,0	0,11	400							
7	1,0	0,21	400							
8	1,0	0,30	400							
9	1,0	0,47	400							
10	1,0	0,70	400							
11	1,0	0,3	125							
12	1,0	0,3	200							
13	1,0	0,3	315							
14	1,0	0,3	400							
15	1,0	0,3	630							



Контрольні запитання

1. Які складові сили різання діють на токарний різець при точінні? Як визначається сила різання?
2. Які існують методи та прилади для експериментального визначення сили різання?
3. Який вплив на силу різання мають елементи режиму різання (v , t , S), геометрія різця, матеріал оброблюваної деталі?
4. Будова і принцип роботи динамометра УДМ–600.
5. Як здійснюється математичне оброблення результатів експериментів при визначенні сили різання?



Частина V

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Лабораторна робота № 25

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ РЕЖИМУ РІЗАННЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ РІЗАННЯ

Мета роботи – набуття навичок самостійної роботи з дослідження теплових явищ у процесі різання та оброблення експериментальних даних. Вивчення впливу елементів режиму різання (швидкості різання, глибини різання, подачі) на температуру при точінні.

25.1. Основні положення і зміст роботи

Одним із головних факторів, які визначають процес різання є теплота, яка утворюється внаслідок роботи різання. Тепло, яке виділяється в зоні різання, нагріває інструмент, який під дією сил різання та високої температури втрачає свої різальні властивості.

Часта зміна інструмента призводить до простою верстатів і до зниження продуктивності. Закони теплоутворення пояснюють ряд явищ, пов'язаних із навантаженням різця, його стійкістю, якістю обробленої поверхні. Знання цих законів дозволяє правильно і раціонально використовувати різальний інструмент.

Джерелом утворення тепла є робота на здійснення пружних Q_{np} і пластичних деформацій $Q_{пл}$ та робота на подолання сили тертя $Q_{тер}$ на передній і задній поверхнях різця.

Утворене тепло розповсюджується від точок з більш високою до точок з більш низькою температурою. Тепло, утворене внаслідок деформації,



надходить в стружку (q_{cnp}) і частково спрямовується в інструмент (q_{incm}), оброблювану деталь (q_{dem}), а також в навколишнє середовище (q_{nc}). Тепло, утворене внаслідок тертя на передній поверхні, надходить в стружку (q_{cnp}) і інструмент (q_{incm}). Тепло, утворене внаслідок тертя на задній поверхні, спрямовується в інструмент (q_{incm}) і оброблювану деталь (q_{dem}).

Таким чином, рівняння теплового балансу може бути записано у вигляді:

$$Q_{заг} = Q_{np} + Q_{пл} + Q_{тер} = q_{cnp} + q_{incm} + q_{dem} + q_{nc}$$

Кожне джерело теплоти має свою сферу безпосереднього впливу. Отже температура різання це середня температура на поверхні контакту інструмента зі стружкою і поверхнею різання.

Існує декілька методів визначення температури різання: калориметричний, термопар (рис.25.1), метод мікроструктурного аналізу, метод термофарб.

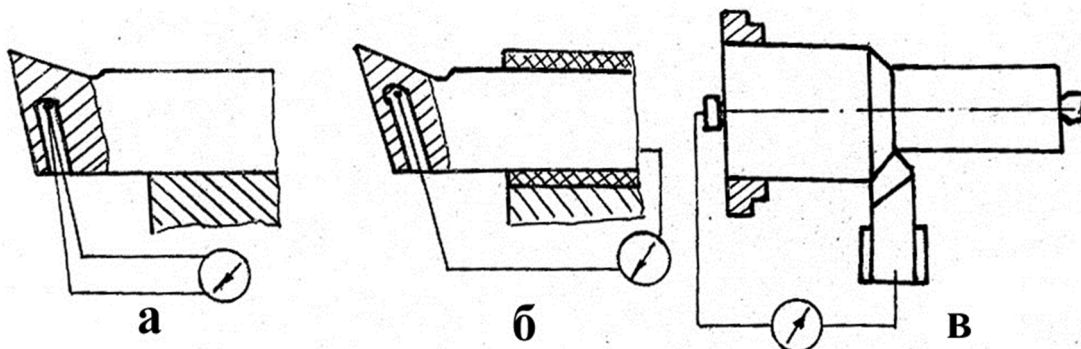


Рис. 25.1. Способи замірів температури різання термопарами:
 а – штучна термопара; б – напівштучна термопара;
 в – природна термопара

Найбільш розповсюдженим у теперішній час є метод термопар, в основу якого покладено явище термоелектрики, яке полягає в наступному. Якщо нагрівати з'єднання двох різнорідних матеріалів, то у електричному ланцюгу, до якого включені ці матеріали, збуджується ЕРС, яку можна виміряти чи записати. При обробці матеріалів різанням виділене внаслідок явищ тертя та пружно-пластичних деформацій тепло може нагрівати зону стружкоутворення до температур 100–1000°C. Це викличе у парі «оброблюваний матеріал–



інструментальний матеріал» термо – ЕРС порядку 2–15 мВ. Отже, при цьому термопара (рис.25.1, в) дозволяє найбільш просто і доступно виміряти дійсну температуру різання. Елементами термопари є інструмент і заготовка, поверхня контакту яких служить місцем спаю. Термо ЕРС, яку реєструє гальванометр, пропорційна температурі різання.

Доведено, що температура різання залежить від механічних властивостей оброблюваного матеріалу, геометрії інструмента, режимів різання та інших факторів. До того ж, для кожного поєднання матеріалів інструмента і заготовки існує оптимальна температура різання, при якій досягається мінімальний знос і найбільша стійкість. Отже, необхідно знати ступінь впливу різних факторів на температуру різання, щоб у кожному конкретному випадку правильно вирішувати питання вибору режимів різання, матеріалу різця та його геометрії для одержання необхідної якості оброблення і високої продуктивності процесу різання.

Формула, якою визначається залежність температури різання від елементів режиму різання, у загальному вигляді може бути представлена так:

$$Q = C_q \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^z, \quad (25.1)$$

де: C_q – коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовки, матеріалу різальної частини різця й умов різання.

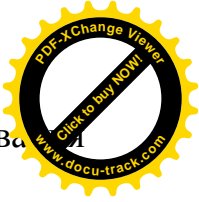
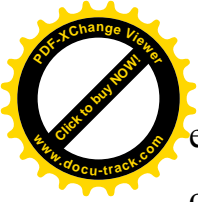
Формула є загальною, вона враховує одночасний вплив всіх трьох елементів режиму різання: v , S , t . Формули, які визначають залежність температури різання від кожного окремо взятого елементу процесу різання, мають наступний вигляд:

$$Q_1 = C_1 \cdot v^z, \quad (25.2)$$

$$Q_2 = C_2 \cdot t^x, \quad (25.3)$$

$$Q_3 = C_3 \cdot S^y, \quad (25.4)$$

Дослідження значно спрощується, якщо функціональні залежності, визначені рівняннями (25.2, 25.3, 25.4), відобразити в подвійній логарифмічній системі координат. Покажемо математичну методику оброблення



експериментальних даних на прикладі рівняння 25.4. Після логарифмування одержимо:

$$\lg Q_3 = \lg C_3 + y \cdot \lg S, \quad (25.5)$$

Це ступеневе рівняння в подвійній логарифмічній системі координат відображається прямою лінією, розташованою під кутом α (рис. 25.2).

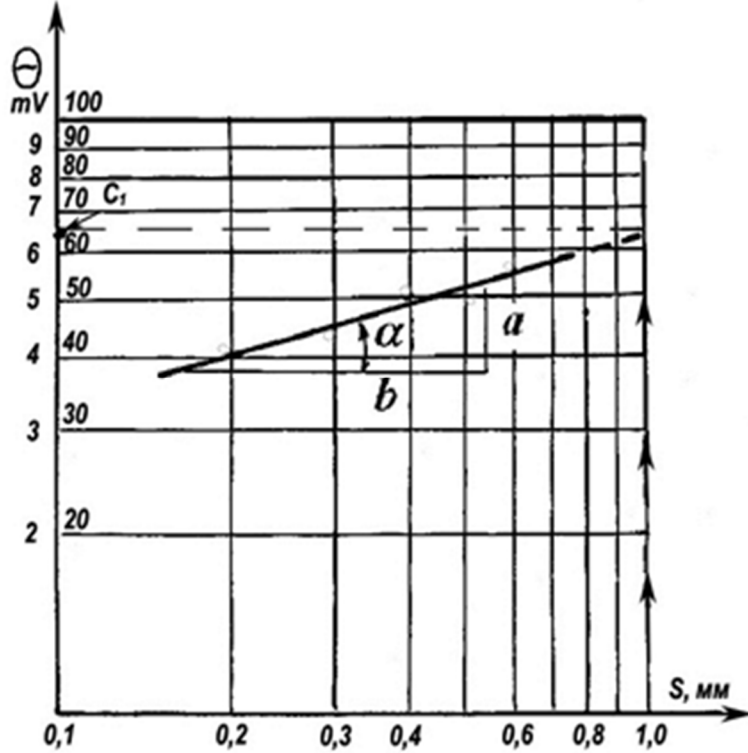


Рис. 25.2. Залежність температури різання від подачі в подвійній логарифмічній системі координат

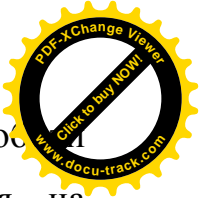
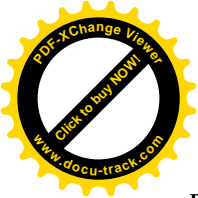
Тангенс кута нахилу α (рис. 25.2) чисельно дорівнює показнику ступеня y :

$$y = \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

Аналогічно оброблюються залежності 25.2 і 25.3 для визначення показників ступенів x і z .

Визначивши значення x , y , z і використовуючи результати будь-якого із занесених до протоколу експериментів, за формулою (25.1) знаходимо чисельні значення коефіцієнта:

$$C_q = \frac{Q}{t^x \cdot S^y \cdot v^z}, \quad (25.6)$$



Порівняння кількісних значень показників ступенів дозволяє зробити висновок про ступінь впливу окремих елементів режиму різання на температуру різання. Вочевидь, більший вплив на температуру різання виявляє той фактор, зміна якого викликає більш інтенсивну зміну температури.

На графіку це виявляється у більш крутому розташуванні лінії залежності, а в рівнянні (25.1) – більшим значенням показника ступеню.

Оснащення робочого місця.

- ◆ Токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20.
- ◆ Заготовка – сталь 45, $\sigma_B = 750$ МПа.
- ◆ Токарний прохідний різець Р18; 16х25
($\varphi = 45^\circ$, $\varphi_l = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\gamma = 20^\circ$).
- ◆ Мілівольтметр, набір електродроти.

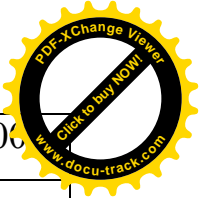
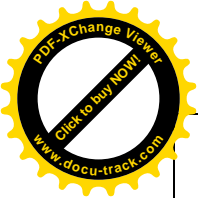
25.2. Порядок виконання роботи

1. Установити та закріпити заготовку. Установити та закріпити ізольований від маси верстата різець, зібрати ланцюг природної термопари.
2. Провести три серії експериментів згідно протоколу табл. 25.1 і записати показники мікрвольтметра.
3. За результатами експериментів у подвійній логарифмічній системі координат побудувати залежності: $Q_1 = f(v)$, $Q_2 = f(S)$, $Q_3 = f(t)$.
4. Провести розрахунки для визначення показників ступенів x , y , z та коефіцієнту C_q . Вивести формулу для визначення температури різання в залежності від досліджуваних факторів.
5. Дати висновки про вплив різних факторів на температуру різання.

Таблиця 25.1

Протокол вимірювання температури різання

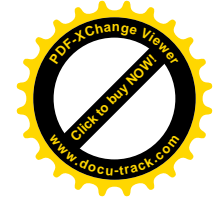
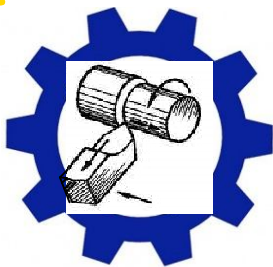
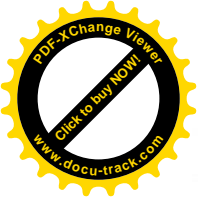
$n = 125 \text{ хв}^{-1}$ $t = 0,5 \text{ мм}$	$S \text{ мм/об}$	0,11	0,15	0,21	0,30	0,43
	$Q, \text{ mV}$					
$n = 125 \text{ хв}^{-1}$ $S = 0,15 \text{ мм/об}$	$t, \text{ мм}$	0,3	0,5	0,7	1,2	1,5
	$Q, \text{ mV}$					



$S = 0,15 \text{ мм/об}$ $t = 0,5 \text{ мм}$	$n, \text{ хв}^{-1}$	31,5	63	125	250	500
	$v, \text{ м/хв}$					
	$Q, \text{ мВ}$					

Контрольні запитання

1. Які знаєте джерела утворення тепла при різанні?
2. Куди розповсюджується тепло, утворене при різанні?
3. Які знаєте методи вимірювання температури різання?
4. Які фактори впливають на температуру різання?
5. Які існують методи і прилади для експериментального визначення температури різання?
6. Як ступінь впливу елементів режиму різання на температуру різання?



Частина V

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Лабораторна робота № 26

ЗАТОЧУВАННЯ І ДОВОДКА РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Мета роботи – вивчити методи відновлення різальної здатності інструмента. Вивчити способи, устаткування, пристрої та інструмент, які застосовуються для заточування інструмента. Освоїти процес заточування різців і фрез на заточувальних верстатах.

26.1. Основні положення і зміст роботи

Відновлення на інструменті заданих геометричних параметрів різальної частини та його різальних властивостей, втрачених у результаті зношування і затуплення, здійснюється шляхом заточування й доводки.

Якісні та своєчасні заточування і доводка інструменту дозволяють відновити його геометричні параметри, сприяють поліпшенню якості поверхні оброблюваних заготовок, підвищенню продуктивності праці, скороченню витрати інструменту.

Призначення процесів заточування і доводки різального інструменту полягає в наступному:

- забезпечити оптимальні задані геометричні параметри різальної частини інструменту, підвищення його стійкості, а також точності і продуктивності оброблення;

- зберегти різальні властивості інструментального матеріалу, забезпечивши мінімально припустимі зміни у поверхневих шарах останнього, які пов'язані зі

структурними перетвореннями, появою залишкових напружень і тріщин.

Устаткування, інструмент для заточування і доводки різального інструмента. Режими різання.

Точильно-шліфувальний верстат моделі ЗБ633

Точильно – шліфувальний верстат (рис. 26.1) застосовують для ручного заточування різців, ножів фрезерних головок, свердел тощо.

Основний вузол точильно – шліфувального верстата є шпindelна головка 4, в якій вмонтований електродвигун. На обох кінцях валу шпинделя установлені шліфувальні круги 3. З одного боку – з електрокорунду для заточування інструментів зі швидкорізальної сталі, а з іншого – з карбіду кремнію зеленого – для заточування твердосплавних інструментів.

Інструмент, наприклад різець, укладають на опору 7 і притискають рукою. Необхідні кути нахилу встановлюються за допомогою сегмента 8 і поворотного столика 9.

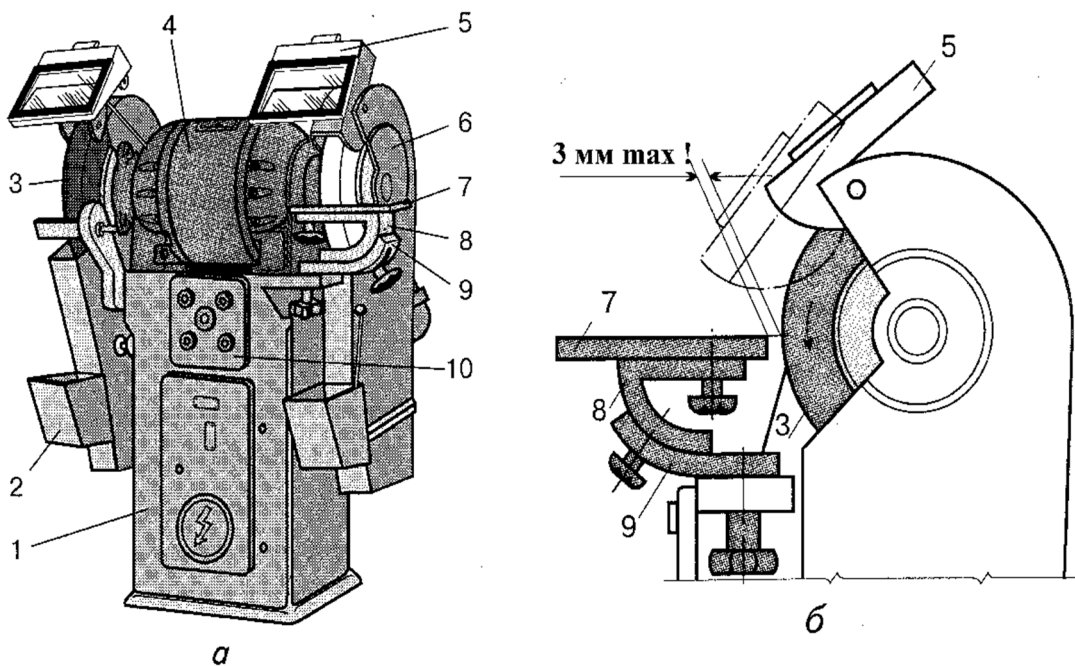


Рис.26.1 – Точильно–шліфувальний верстат моделі ЗБ633:

- а – загальний вид; б – схема установки подручника;
- 1 – станина; 2 – резервуар для води; 3 – шліфувальний круг;
- 4 – шпindelна головка; 5 – щиток; 6 – захисний кожух;
- 7 – регульована опора; 8 – поворотний сегмент;
- 9 – поворотний столик; 10 – пульт керування

Універсально – заточувальний верстат моделі ЗА64Д (рис. 26.2) призначений для заточування і доводки основних видів різальних інструментів з інструментальних сталей і твердих сплавів. Заточування і доводку твердосплавного інструменту слід виконувати алмазними кругами. Заточування здійснюється за допомогою ряду пристроїв, які входять у комплект верстата (рис. 26.3., 26.4.) і спеціальних пристроїв.

Усі рухи при заточуванні інструменту і настроюванні верстату виконують

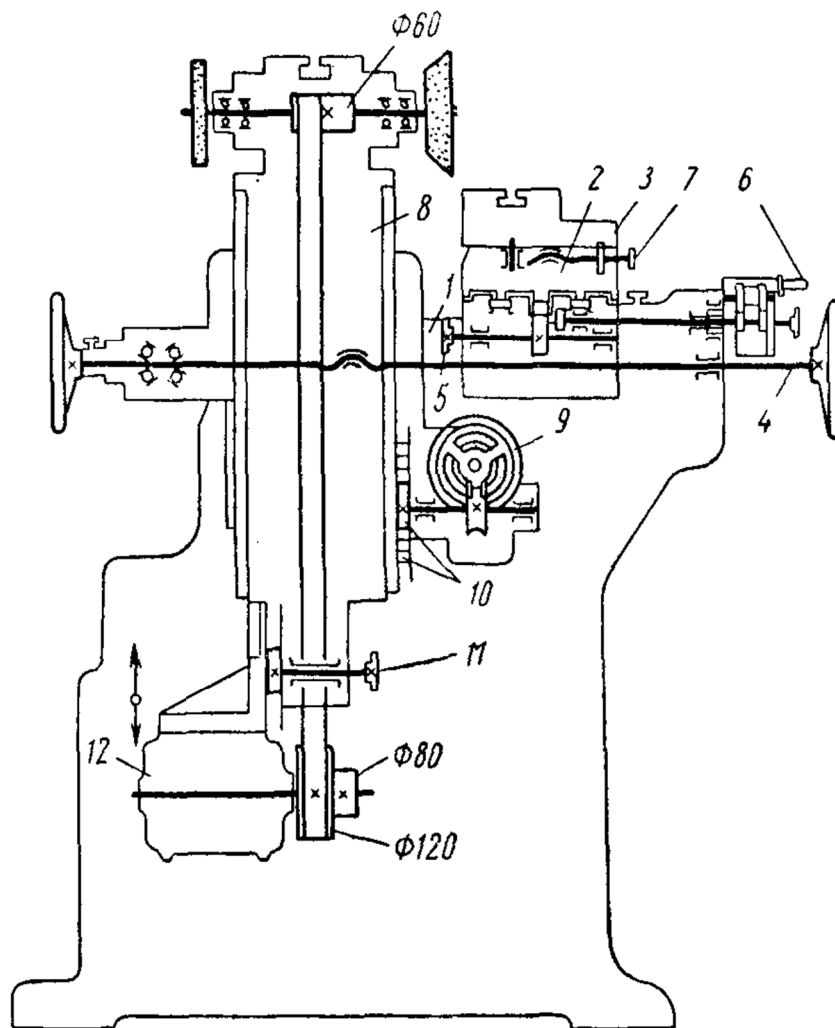


Рис. 26.2. Універсально–заточувальний верстат моделі ЗА64Д (кінематична схема):

1 – нижні полозки; 2 – поздовжній стіл; 3 – поворотний стіл; 4 – гвинт для переміщення нижніх полозків (подачі); 5 і 6 – рукоятки для швидкого й повільного переміщення поздовжнього столу; 7 – рукоятка для кутового зсуву поворотного столу; 8 – колонка шліфувальної головки; 9 – маховичок для вертикального переміщення шліфувальної головки; 10 – рейковий механізм вертикального переміщення шліфувальної головки; 11 – рукоятка для натягу пасу; 12 – електродвигун

вручну.

Верстат має станину, супортний пристрій і шліфувальну головку. Супортний пристрій складається з нижніх полозків, поздовжнього та поворотного столів. Нижній стіл переміщується по напрямних станини за допомогою гвинта й гайки. Поздовжній стіл переміщується по напрямній нижніх полозків (з роликовою опорою) від руки – швидко або повільно. Поворотний стіл розташовується на верхній опорній поверхні поздовжнього столу і центрується на ньому цапфою. Відлік кута повороту столу здійснюють за градусною шкалою, яка розташована на поздовжньому столі.

Шліфувальна головка складається з гільзи та колонки, у нижній частині якої встановлено електродвигун приводу шліфувальних кругів. Вертикальне переміщення шліфувальної головки здійснюється маховичком за допомогою черв'ячної пари, рейкового зубчастого колеса та рейки, закріпленої на гільзі. Поворотом колонки в гільзі шліфувальна головка встановлюється на необхідний кут. Відлік кута повороту ведуть за шкалою, розташованою на гільзі.

Шпиндель встановлений у корпусі шліфувальної головки. На кінцях шпинделя передбачено конуси для установки фланців шліфувальних кругів.

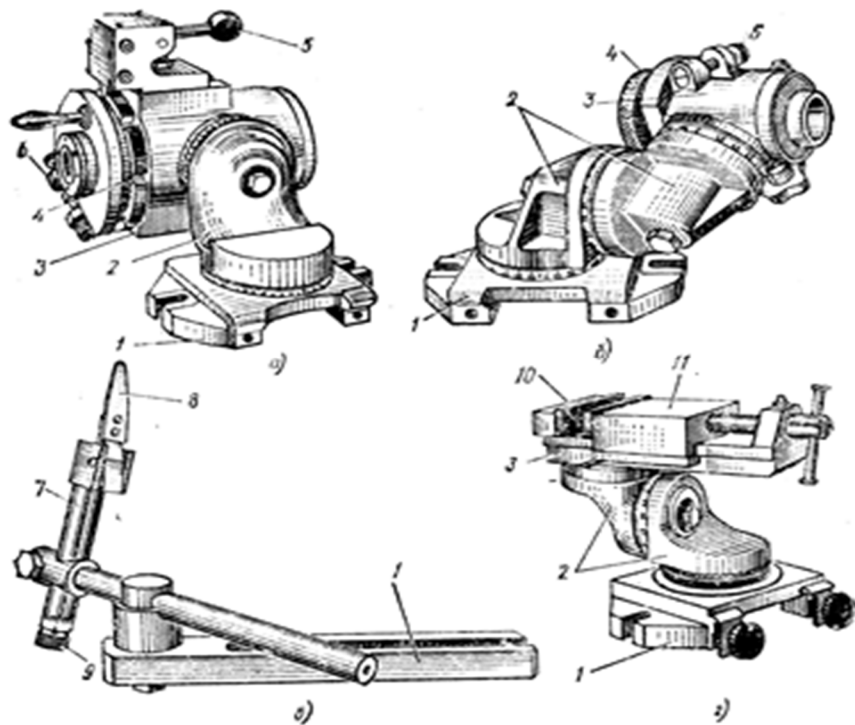


Рис. 26.3. Пристрій до універсально-заточувального верстата



а, б – велика і мала універсальна головки; в – упорка;
г – трьохповоротні лещата

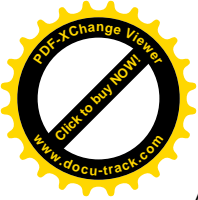
Призначення режимів різання

На більшості верстатів для заточування інструментів застосовують круги діаметром 150 або 200 мм при частоті обертання шпинделя 2540 і 3560 хв⁻¹. Універсальні верстати мають чотири або п'ять ступенів частоти обертання шпинделя. Розрахункова окружна швидкість круга на верстатах: 17,5; 20; 28; 30; 35 м/с; швидкість поздовжнього переміщення 0,2–3 м/хв.; число подвійних ходів за хвилину 25–50; автоматична подача врізання 0,3–10 мм/хв.; найбільший припуск, що знімається за один цикл напівавтомата, – до 1,5 мм (на деяких верстатах – до 3–4 мм).

Призначення режимів шліфування завжди пов'язано з урахуванням багатьох факторів, які впливають на ефективність і економічність технологічного процесу. Вибір швидкості круга залежить від верстата, розмірів круга, жорсткості технологічної системи, наявності МОР, особливостей інструменту, що заточується.

Для кругів на керамічній зв'язці окружну швидкість призначають у межах 10–20 м/с, щоб забезпечити самозаточування різальної поверхні за рахунок викришування зерен після утворення на них плоских мікроплощадок зносу. Для алмазних кругів на металевих зв'язках швидкість круга призначають у межах 15–25 м/с, для кругів на органічних зв'язках – 18–35 м/с.

Різальні інструменти зі швидкорізальних сталей заточують кругами з електрокорунду нормального або електрокорунду білого. Зернистість абразиву 25–40, твердість круга СМ1 – СМ2, зв'язка керамічна, структура круга 6–9. Окружна швидкість круга при ручному заточуванні інструмента – 20–25 м/с, при жорсткому закріпленні інструмента – 15–20 м/с. При більш високих вимогах до інструмента його доводять кругами з електрокорунду білого або карбїду кремнію зеленого. Зернистість абразиву 5–10, твердість круга С1 – С2, зв'язка бакелітова. Окружна швидкість круга (жорстке кріплення інструменту) 25–35 м/с.



Різці, оснащені твердими сплавами, заточують алмазними кругами АС6М зернистістю 80/63 – 160/125 за органічній зв'язці В1–11П при швидкості різання 15–20 м/с з поперечною подачею 0,05–0,06 мм/подв.хід і поздовжньою подачею 2–3 мм/хв.

При заточуванні твердосплавної частини разом зі сталюю державкою при жорсткому кріпленні інструменту слід застосовувати алмазні круги АС6 зернистістю 125/100 – 250/200 на керамічній зв'язці КМ1 на режимах: швидкість різання 25–40 м/с; поперечна подача – 0,03–0,05 мм/подв.хід; поздовжня подача – 1,5–2 м/хв.

Інструмент з швидкорізальних сталей заточують з охолодженням. Твердосплавні інструменти можна заточувати і без охолодження, не допускаючи перегрівання різальних пластин.

Як охолоджувальну рідину використовують 2–5%–ний розчин соди у воді або 5–10%–ний розчин емульсолу у воді.

Витрата охолоджувальної рідини – 10–12 л/хв.

Приклади маркування абразивних кругів наведені у додатку В.

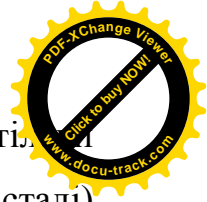
Технологія заточування і доводки різців

Варіант технології заточування різців залежить від багатьох умов: типу виробництва, обсягу партії різців, конструктивних особливостей різця, ступеню й характеру зношування контактних поверхонь, наявності заточувального устаткування та ін.

Найбільш характерними є дві схеми заточування різців.

Перша схема заточування передбачає зняття значного (від 0,4 мм і більше) припуску шліфувальними кругами з карбіду кремнію (твердий сплав) або електрокорунду і монокорунду (швидкорізальні сталі) на попередніх операціях, і наступному остаточному заточуванні й доводки робочих поверхонь із застосуванням алмазних, ельборових або дрібнозернистих абразивних кругів на бакелітовій зв'язці.

При зніманні незначних припусків найкращі показники за економічністю можна досягти при використанні другої схеми заточування, що передбачає



повне оброблення всіх робочих поверхонь різця з використанням твёрдосплавних (для твердого сплаву) або кубонітових (для швидкорізальної сталі) кругів однієї або двох зернистостей.

Повне алмазне заточування при переточуваннях економічно доцільно проводити при припуску 0,5 – 0,3 мм, якщо конструкція різця дозволяє алмазному кругу не торкатися сталевій державки; і при припуску 0,3 мм і менш, якщо заточування необхідно проводити при одночасному шліфуванні сталевій державки та твёрдосплавної пластинки.

Характер зносу визначає розташування і товщину шару, що знімається при переточуванні інструмента табл. 26.1.

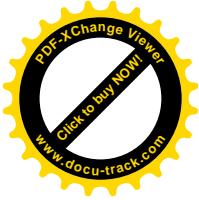
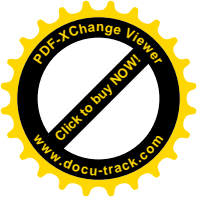
Таблиця 26.1

Характерні види зносу і схеми переточування різців

Характер зношування різця в нормальному перетині	Схема переточування різця	Розмір припуску при переточуванні різця,
Зношування по задній поверхні		$h_1 = h_3 \operatorname{tg} \alpha;$ $h_2 = h_1 + (0,1 \dots 0,2)$
Зношування по передній поверхні		$h_4 = h_1 + (0,1 \dots 0,2)$
Зношування по передній і задній поверхнях		$h_2 = h_3 \operatorname{tg} \alpha + (0,1 \dots 0,2)$ $h_4 = h_1 + (0,1 \dots 0,2)$
Зношування по фасці і задній поверхні		$h_2 = h_3 \operatorname{tg} \alpha + (0,1 \dots 0,2)$

Порядок операцій при заточуванні й доведенні різців:

- ♦ заточування передньої поверхні;



- ♦ заточування задньої головної поверхні по державці;
- ♦ заточування задньої допоміжної поверхні по державці;
- ♦ заточування фаски по передній поверхні;
- ♦ заточування задньої головної поверхні по пластинці;
- ♦ заточування задньої допоміжної поверхні по пластинці;
- ♦ заточування задньої поверхні по радіусу вершини;
- ♦ заточування лунок, канавок або стружколамаючих поріжків;
- ♦ доводка фаски по передній поверхні;
- ♦ доводка фаски задньої головної поверхні;
- ♦ доводка вершини по радіусу.

Цей порядок операцій в основному зберігається при обробленні як твердосплавних, так і швидкорізальних різців.

Сучасні верстати для заточування різців відрізняються різноманітністю моделей, їх конструкцією і ступенем автоматизації робочих циклів.

Широке застосування знаходять точно-шліфувальні верстати найпростішої конструкції (точила) з опорою або поворотним столом для установки різця. У цих верстатів відсутні будь-які пристрої для автоматизації і заточування робиться вручну.

При використанні кругів прямого профілю заточування передньої поверхні різця робиться бічною поверхнею круга (рис. 26.4, а). Різець бічною поверхнею базується на плоскій поверхні опори і переміщується уздовж осі круга для здійснення подачі на врізання (притискання із визначеним навантаженням у напрямку S) і уздовж бічної поверхні круга для забезпечення більш рівномірного знімання металу та зношування круга (осцилююча подача S_{osci}).

При заточуванні задніх поверхонь опору повертають на величину заднього кута α або α_1 , а різець базують на плоскій поверхні опори відповідно під кутом φ або φ_1 для забезпечення паралельності різальних кромки, які заточують, до периферії круга (рис. 26.4, б). На опорі можуть установлюватися додаткові елементи (лінійки, транспортири), які забезпечують установку різця з визначеною точністю, пристрої для закріплення різця та його переміщення під час заточування. На найпростіших точилах різець іноді утримують і вручну

переміщують, що знижує точність і якість заточування.

Заточування на точильно–шліфувальних верстатах вимагає необхідної кваліфікації заточника, від навичок і досвідченості якого залежить якість заточених інструментів. Надмірне збільшення навантаження при притисканні різця до круга може привести до появи припалів і тріщин у поверхневому шарі різця. Неточне дотримання правил установки різця на опорі приводить до погрешностей кутів, невиконанню вимог однорідності заточених інструментів у партії.

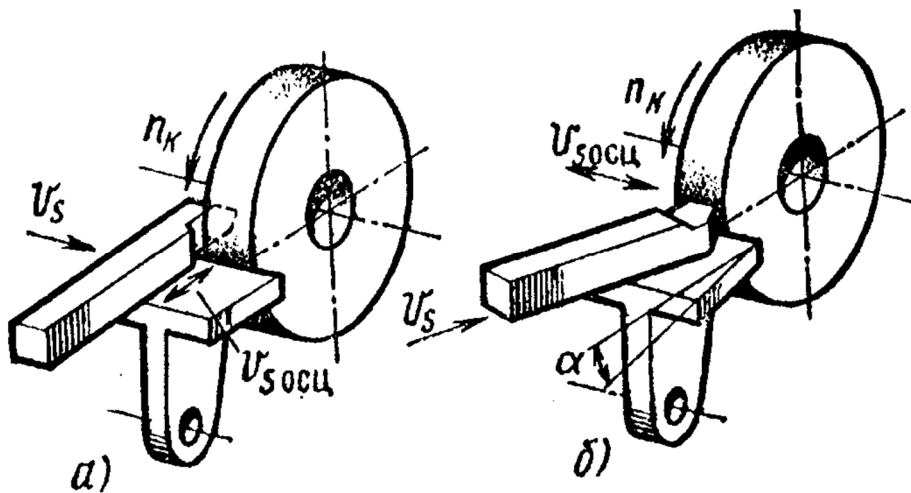


Рис. 26.4. Заточування різця на точильно–шліфувальному верстаті:

а – заточування передньої поверхні; б – заточування головної задньої поверхні.

Для забезпечення заданої шорсткості робочих поверхонь частини різця після заточування необхідна доводка, наприклад, на верстаті моделі ЗБ632В або ЗА64Д.

Закріплення різців на підручнику вручну забезпечує малі витрати часу на цю операцію, однак точність заточування звичайно буває недостатньо високою. Тому для підвищення якості заточування доцільно застосовувати універсально-заточувальні верстати (наприклад, мод. ЗА64Д), що мають у комплекті різні пристрої високої точності, що забезпечують досить високу продуктивність заточувальних і доводочних операцій.

Заточування свердел, зенкерів, розверток

Формоутворення задніх поверхонь при заточуванні свердел визначається



кінематикою відносного руху поверхні шліфувального круга й свердла у заточувальному верстаті. Існують різні схеми формоутворення задніх поверхонь.

Найбільш поширене конічне заточування свердла, при якому задня поверхня виконується у виді конуса. Плоске заточування, при якому задня поверхня виконується у виді площини, застосовують для свердел малих діаметрів, а також твёрдосплавних свердел, що працюють по чавуну. Схема конічного заточування задньої поверхні свердла показана на (рис. 26.5).

Свердло з орієнтуванням щодо шліфувального круга у пристрої, одержує обертання разом з ним щодо осі $O-O$ уявлюваного конуса. При заточуванні

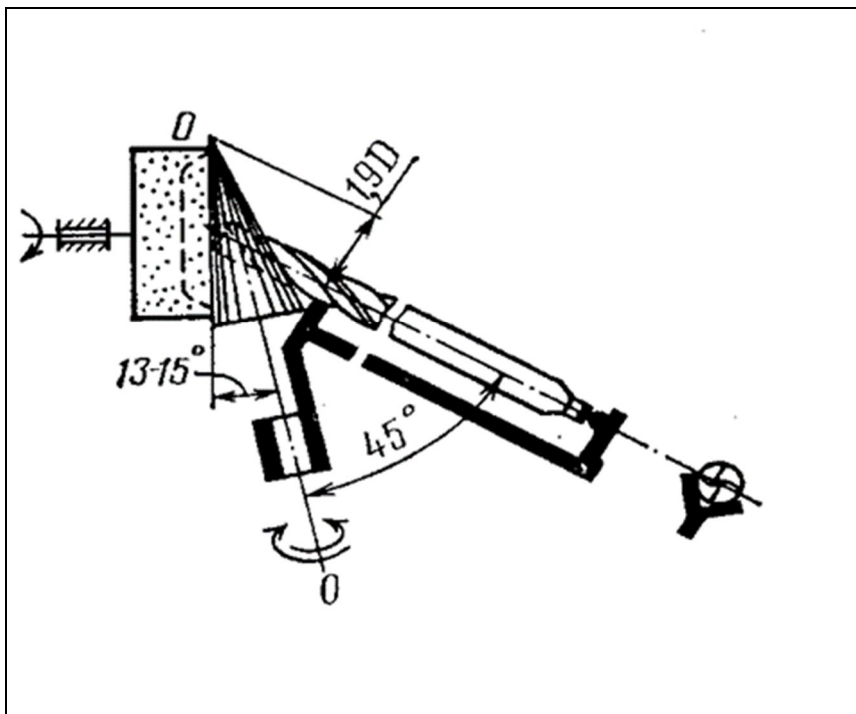


Рис. 26.5. Схема конічного заточування задньої поверхні свердла

свердло подають уздовж його осі до шліфувального круга у результаті чого задня поверхня свердла буде частиною поверхні уявного конуса., Заточування свердла за даним способом вимагає дворазової установки свердла, тому що у свердла є дві задні поверхні. Кут конуса $13-15^\circ$ і кут між віссю

свердла і віссю його обертання 45° забезпечує кут при вершині свердла $2\phi = 118-120^\circ$.

Зенкери заточують на універсальному або спеціалізованому заточувальному верстатах (переважно по задній поверхні). Зенкери із затилованими зубцями заточують тільки по передній поверхні. Твёрдосплавні зенкери заточують по передній і задній поверхнях. Установка зенкера на верстаті для заточування задньої поверхні показана на (рис. 26.6). Зенкер 1 закріпленний в оправці 2.

Заточування ведуть чашковим кругом 3. Зуб зенкера фіксують за допомогою пересувного упора 4, що упирається в передню поверхню біля ріжучої кромки зуба.

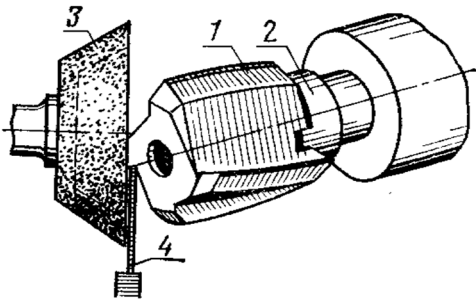


Рис. 26.6. Схема заточування зенкера

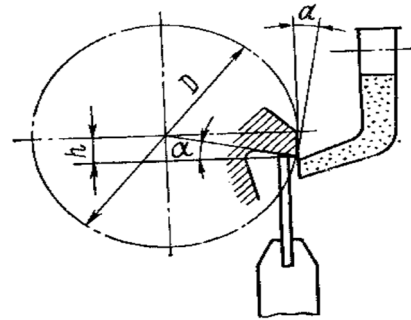


Рис. 26.7. Схема заточування розвертки

У розверток заточують задню і передню поверхні. На (рис. 26.7) надано схему заточування задньої поверхні. Упор для зуба розвертки для збереження заднього кута α повинен бути на відстані від осі розвертки на величину $h = 0,5D \sin \alpha$.

У плані слід площини торця шліфувального круга нахилений до осі розвертки під кутом φ (де φ – половина кута ріжучої частини розвертки). Після заточування розвертки доводять по задній і передній поверхнях.

Заточування фрез

Фасонні фрези з затилованими зубцями переточують по передній поверхні кругами тарілчастого типу при установці фрези в центрах або на оправці, зв'язаній зі шпинделем дільного пристрою. Установка круга відносно фрези залежить від величини переднього кута і робочої поверхні тарілчастого круга (рис.26.8).

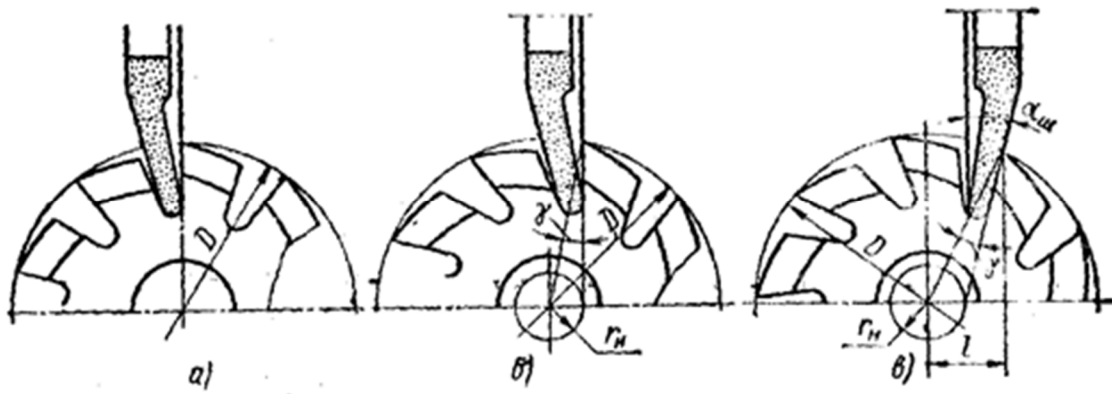


Рис. 26.8. Схема установки шліфувальних кругів при заточуванні передньої поверхні фасонних фрез

У фрез з незатілваними зубами спочатку роблять заточування задніх, а потім – передніх поверхонь. На задній поверхні деяких типів фрез (наприклад, циліндричних) допускається циліндрична стрічка шириною не більш 0,05 мм.

Задні поверхні звичайно шліфують торцем чашкового круга з невеликим розворотом його осі в горизонтальній площині на кут 1–2°, щоб усунути підрізання зуба і зменшити площу торкання круга з поверхнею, що заточується.

Положення зуба фіксується упором, що забезпечує зсув вершини зуба щодо осової горизонтальної площини (рис. 26.9).

Зсув H осі фрези, що заточується, визначається з рівнянь:

$$\text{для дискового круга } H = R_{кр} \sin \alpha ,$$

$$\text{для чашкового круга } H = R_{фр} \sin \alpha ,$$

де: $R_{кр}$ – діаметр круга;

$R_{фр}$ – діаметр фрези;

α – задній кут, що заточується.

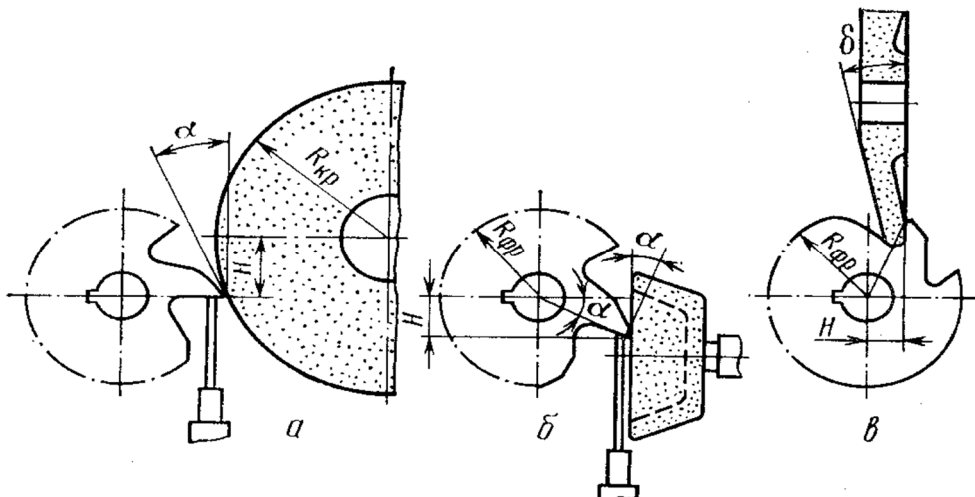
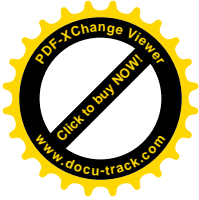
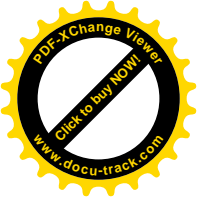


Рис. 26.9. Схема заточування фрез з незатілваними зубцями



Контроль якості заточування різального інструменту

Основними умовами якісного заточування є:

- точність виконання лінійних розмірів і кутів заточування;
- точність виконання розмірів фасок, стружколамаючих лунок і поріжків;
- відсутність на ріжучих кромках тріщин, забоїн, задирок, завалів, викришувань;
- відсутність на поверхнях, що заточуються, припиків, сітки поверхневих тріщин, одиночних глибоких поверхневих тріщин;
- шорсткість заточених поверхонь у встановлених межах;
- відсутність биття ріжучих кромок (для свердел і фрез).

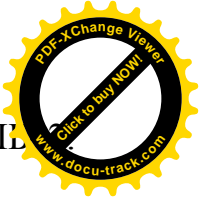
Лінійні розміри після заточування перевіряють масштабною лінійкою, штангенциркулем, мікрометром, індикатором годинникового типу або шаблонами. Площинність робочих поверхонь і прямолінійність ріжучих кромок визначають лекальною лінійкою. Для контролю кутових розмірів застосовують універсальні або спеціальні прилади різних конструкцій, зокрема, настільний, універсальний і оптичний кутоміри.

Контроль шорсткості поверхні здійснюють шляхом порівняння зі зразками, атестованими за допомогою щупових або оптичних приладів у вимірювальній лабораторії. У необхідних випадках шорсткість поверхні контролюють безпосередньо профілографом – профілометром.

Контроль на наявність тріщин проводять за допомогою кольорової дефектоскопії.

Оснащення робочого місця.

- ◆ Верстати моделей 3Б633, 3А64Д, 3Б632В з комплектом пристроїв.
- ◆ Макети різців, виготовлені з конструкційної сталі.
- ◆ Циліндрична фреза з центральною оправкою і повідцем.
- ◆ Свердла, зенкери, розвертки.
- ◆ Профілограф – профілометр моделі 201, зразки шорсткості.
- ◆ Кутоміри (настільний, оптичний, універсальний).



- ◆ Великий інструментальний мікроскоп БМИ-1, ручний мікроскоп МПБ
- ◆ Штангенциркуль ШЦ II-200-0,05.

26.2. Порядок виконання роботи

1. Заточити токарний різець на верстаті 3Б633. Геометрію різця визначає викладач.

2. Перевірити значення кутів заточування токарного різця настільним і універсальним кутомірами (або шаблонами). Оцінити якість заточування різця використовуючи прилади для вимірювання шорсткості поверхонь і мікроскопи.

3. Зробити доводку на верстаті моделі 3Б632В. Оцінити якість заточування різця, використовуючи прилади для вимірювання шорсткості поверхонь і мікроскопи. Порівняти отримані результати до і після доводки. Зробити висновки.

4. Заточити циліндричну фрезу на універсально-заточувальному верстаті.

Налагодити верстат для заточування фрези необхідно в такому порядку:

- закріпити чашковий шліфувальний круг на правому кінці шпинделя і установити шпиндель під кутом 89° до напрямку поздовжньої подачі столу;
- установити упор 1 перед лівим краєм круга (рис. 26.10) по центру шліфувального шпинделя на підставку шліфувальної бабки;
- для перевірки положення упору по центру шпинделя на верхню площину

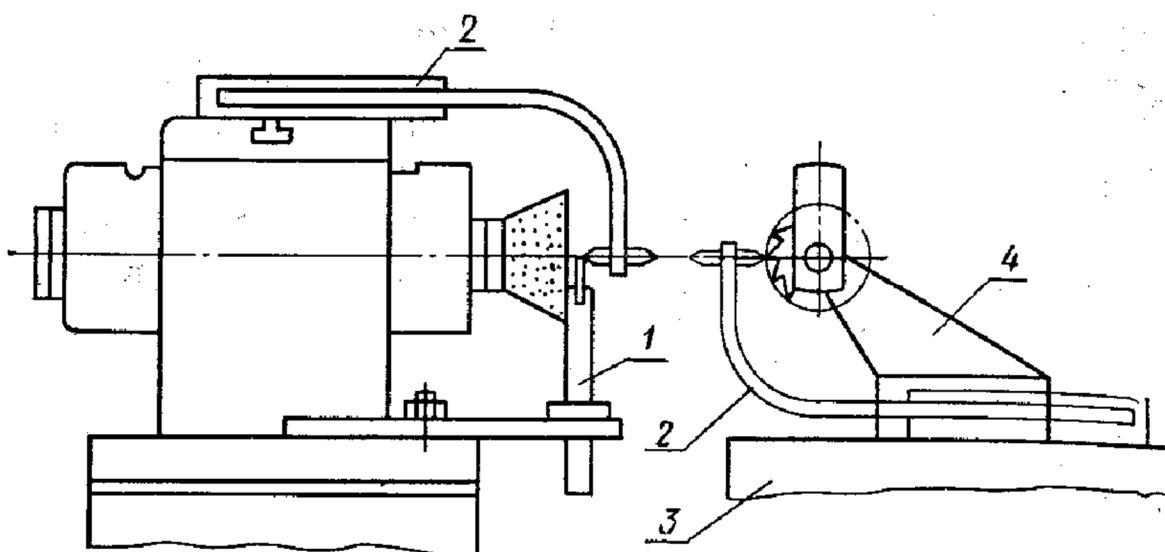
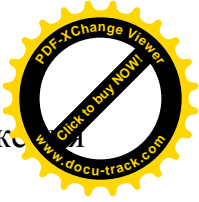


Рис. 26.10. Схема встановлення упорів для заточування фрези



шліфувальної бабки установити шаблон 2 і вивірити по ньому положення упору, регулюючи його висоту;

– закріпити на столі верстата 3 передню і задню центрові бабки у залежності від довжини оправки, на якій буде встановлена фреза, що заточується.

Центрова лінія, що проходить через передній і задній центри бабки, повинна бути на одному рівні з упором, установлюваним на шліфувальній бабці. Для перевірки взаємного розташування столу і шліфувальної бабки на стіл верстата 3 поставити шаблон 2, що центрує, і, переміщуючи шліфувальну бабку у вертикальному напрямку, підвести упор 1 під шаблон, що центрує; встановити фрезу 5, яка заточується (рис. 26.11), на оправку 6 і закріпити на оправці хомутик 4. Оправку 6 установити на центрах передньої 1 і задньої 7 бабок.

Установочний палець 3 хомутика 4 завести в отвір шкали 2, яка служить для установки потрібного значення заднього кута, і закріпити хомутик 4 на оправці 6;

– обертаючи вручну оправку, підвести зуб фрези до торкання з упором; установити шкалу для виміру заднього кута на нульове ділення;

– притискаючи рукою зуб фрези до упора, опускати шліфувальну бабку доти,

– притискаючи рукою зуб фрези до упора, опускати шліфувальну бабку доти, поки на шкалі не установиться заданий задній кут; зняти хомутик 4;

– заточити по черзі всі зубці фрези, переміщуючи вручну стіл верстата в поздовжньому напрямку і притискаючи рукою зуб фрези, що заточується, до упора; у разі потреби після заточування всіх зубців фрези з поперечною подачею 0,02 мм процес заточування всіх зубців повторюється;

– оцінити якість заточки циліндричної фрези.

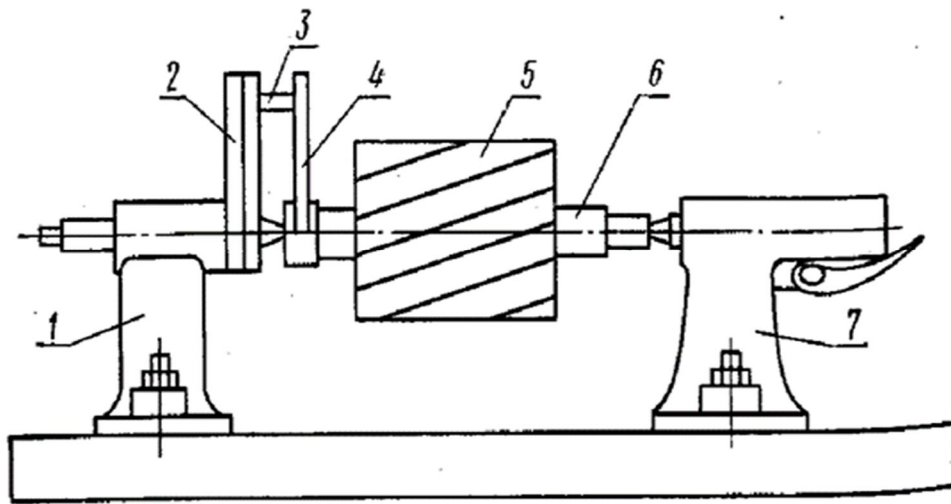
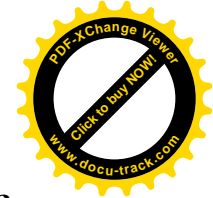


Рис. 26.11. Схема наладки для заточування фрези

Скласти звіт. У звіт необхідно включити: дані про різець, що заточується, і фрези, у тому числі про кути заточування; характеристику кругів для заточування токарного різця і фрези (тип, марка абразиву, зернистість, індекс зернистості, твердість круга, структура, зв'язка, клас круга). Зробити висновки про правильність і якість заточування.

Контрольні запитання

1. Які геометричні параметри різців, свердел, фрез Ви знаєте?
2. Які форми зносу різального інструмента Ви знаєте?
3. Як заточують різці, свердла, фрези?
4. Які існують устаткування та пристосування для заточування та доводки різального інструмента?
5. Як роблять доводку різального інструмента?
6. Як оцінити якість заточування різального інструменту?



Додаток А

Правила техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів»

А.1. Загальні вимоги

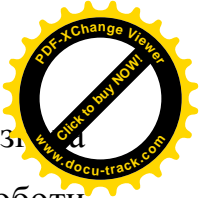
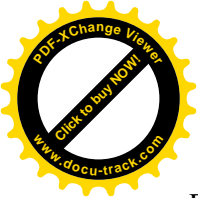
1. Роботу починають виконувати тільки з дозволу викладача.
2. До роботи з обладнанням допускаються особи, які вивчили конструктивні особливості та технічний опис конкретної випробувальної машини, а також пройшли перевірку знань електричної техніки безпеки.
3. На обладнанні механічної лабораторії можуть працювати особи, які пройшли інструктаж з техніки безпеки та мають допуск на право виконання робіт на обладнанні лабораторії.

Вимоги безпеки перед початком роботи

1. Вивчити інструкцію з виконуємої роботи.
2. Перевірити наявність необхідних приладів та інструментів.
3. Доповісти викладачеві про можливість виконання роботи.
4. Студенти не повинні приступати до роботи, доки не одержать інструктаж з техніки безпеки.
5. Робота біля електроприладів повинна виконуватись з використанням ізоляційних засобів (діелектричні килимки, ізоляційні підставки).
6. Перевірити справність приладів та обладнання печі, підготувати до роботи інструмент, вантажозахватні пристрої та впевнитись в їх справності.
7. Завантаження та розвантаження виробів виконувати за допомогою спеціального захватного знаряддя.
8. Якщо встановлена несправність печі, необхідно повідомити викладача.
9. Проведення ремонту обладнання самостійно студентами забороняється.

Вимоги безпеки під час виконання роботи

1. Забороняється студентам вмикати та вимикати електричні прилади та електропечі без дозволу керівника лабораторних робіт.
2. Усякі ремонти, налагодження електрообладнання необхідно виконувати електриковому, що обслуговує лабораторію.



3. Забороняється працювати в лабораторії на самоті. Обов'язково присутність керівника лабораторних робіт. Вмикання, зміна режимів роботи установки, проведення замірів та вимикання установки для запобігання несправностей, необхідно виконувати тільки з дозволу викладача в суворій відповідності з положенням, наведеному у технічному описанні.

4. При шліфуванні та поліруванні зразків необхідно користуватися окулярами для запобігання травмування очей.

5. Якщо при поліруванні зразок вирвано із рук, негайно відключити верстат від електричної мережі.

6. При травленні зразків у водних або спиртових розчинах лугів, солей, кислот остерігатись їх попадання на відкриту шкіру та очі. Якщо це трапилось, необхідно промити забруднені місця водою.

Вимоги безпеки в термічній та препараторських лабораторіях

1. Вмикання та вимикання електричного обладнання повинно здійснюватися тільки з дозволу викладача, який проводить заняття.

2. При виявленні несправності усіх видів слід негайно припинити роботу.

3. Забороняється ремонтувати обладнання студентам та особам, які не мають кваліфікаційної групи по ТБ.

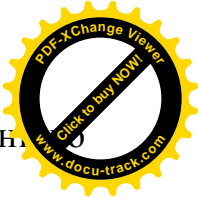
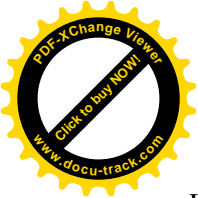
4. Завантажувати та вивантажувати зразки за допомогою кліщів і лише при відключеній від електричної мережі печі – використовувати рукавиці при завантаженні та вивантаженні зразків.

5. Дотримуватися правил пожежної безпеки при охолодженні зразків в олії (зразки в олію занурювати повністю; не здійснювати одночасне гартування великої маси зразків; в лабораторії обов'язково повинні бути справні первинні засоби пожежного гасіння).

Вимоги безпеки після закінчення роботи

1. Після проведення випробувань в механічній лабораторії необхідно: відключити усі секції установок від електропостачання та вимкнути прилади.

2. В термічній та препараторських лабораторіях після закінчення робіт необхідно вимкнути печі, вимкнути вентиляцію, рубильник електропостачання, прибрати робочі місця.



3. Перевірити, щоб зразки після термічної обробки були охолоджені до кімнатної температури, а заслінки печей були закритими.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При пожежі чи загорянні необхідно:

1. Вимкнути електромережу, вентиляцію, обладнання.
2. Сповістити керівника лабораторії і викладача.
3. Негайно покинути приміщення лабораторії.
4. Викликати пожежну частину за телефоном 101.

А.2. Основні вимоги безпеки при роботі на верстатах

А.2.1. Загальні вимоги

1. Вимоги безпеки до процесів обробки різанням повинні бути викладені в технологічних документах і виконуватись протягом усього технологічного процесу.

2. Верстати, при роботі на яких виділяються шкідливі речовини, повинні працювати з ввімкненою місцевою вентиляцією для їх видалення із зони різання.

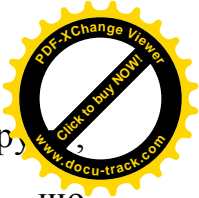
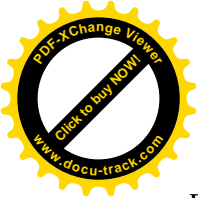
3. Для працюючих, які беруть участь у технологічному процесі різання, повинні бути забезпечені зручні робочі місця, де б ніщо не заважало їх діям під час виконання робіт.

4. На кожному робочому місці біля верстата на підлозі повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони і шириною не менше 0,6 м від частин верстата, що виступають.

5. Верстати повинні приводитися у дію та обслуговуватись тільки тими особами, за якими вони закріплені. Пускати в дію верстати і працювати на них іншим особам забороняється.

6. Ремонт верстатів повинен виконуватись спеціально призначеним особам.

7. Перед початком роботи на верстаті необхідно перевірити справність та наявність усіх огорожень і пристроїв, надійність закріплення різального інструменту, а також випробувати верстат на холостому ходу.



8. Виключення верстата обов'язкове: у разі припинення подання стружки при зміні робочого інструменту, закріплені або установлені деталі, що обробляється, зняті її з верстата, а також при ремонті, чищенні та змащенні верстата, прибиранні ошурок та стружки.

9. Для зняття, установлення деталей або заготовок масою більше 20 кг необхідно використовувати підйомно-транспортні механізми, обладнані спеціальними пристроями (захватами).

10. Вироби, що обробляються на верстатах, повинні міцно і надійно закріплюватися.

11. При роботі на верстатах повинні застосовуватись передбачені на них засоби колективного захисту. При відсутності або несправності на верстатах захисних щитків для захисту очей, робітники повинні працювати в захисних окулярах.

12. Працювати на несправних верстатах, а також на верстатах з несправним або погано закріпленим огороженням забороняється.

13. Укладання матеріалів та деталей біля робочих місць повинно робитися способом, що забезпечує їх стійкість.

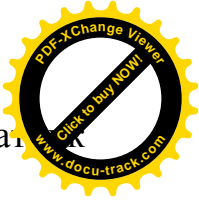
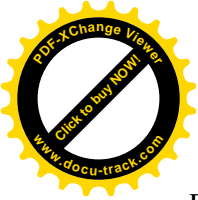
14. Робоче місце верстатника і приміщення повинні завжди утримуватися в чистоті і не захащуватись виробами та матеріалами.

15. Видалення стружки з верстата повинно робитися відповідними пристроями (гачками, щітками). Прибирати стружку руками забороняється. Гачки повинні мати гладкі рукоятки та щиток, що запобігає порізам рук стружкою.

Прибирання стружки з робочих проходів повинно проводитися ретельно, накопичення стружки не допускається. Стружку збирають у спеціальні ящики і в міру їх заповнення видаляють із приміщення.

16. Мастильно-охолоджувальні рідини, що використовуються для обробки різанням, повинні мати відповідний дозвіл Міністерства охорони здоров'я.

17. Верстатники при виконанні роботи повинні користуватися засобами індивідуального захисту.



18. При залишенні робочого місця (навіть короткочасно) верстат повинен виключити верстат.

19. Біля кожного верстата повинна бути вивішена табличка із зазначенням особи, яка відповідає за його експлуатацію.

A.2.2. Токарні верстати

1. Знімаючи (згвинчуючи) патрон або планшайбу, необхідно обертати їх тільки вручну. Забороняється для виконання цієї операції включати шпindel верстата.

2. Під час роботи верстата забороняється торкатися обертаючих частин, вводити руку в зону їх руху, класти на верстат деталі та інструменти.

3. При обробці в'язких матеріалів (сталей) необхідно застосовувати різні зі спеціальною заточкою або пристрої, що забезпечують роздроблення стружки в процесі різання.

4. При обробці крихких матеріалів і при утворенні роздробленої на малі частини стружки повинні застосовуватись стружковідвідники.

Обробка металів, що утворюють зливну стружку, повинна проводитися із застосуванням стружколомачів для роздроблення стружки.

5. Обпилювання, поліровка, зачистка абразивним полотном деталей, що обробляється на верстатах, повинна проводитися за допомогою спеціальних пристроїв (інструменту) і методами, що забезпечують безпеку виконання цих операцій.

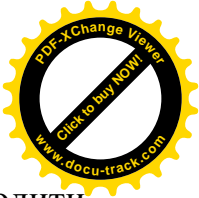
6. Прутковий матеріал, що подається для обробки на верстаті, не повинен мати кривизни.

7. При роботі на високих швидкостях з метою безпеки необхідно користуватися обертовими центрами.

8. Для створення безпечних умов праці при обробці деталей великої довжини повинні застосовуватись люнети.

A.2.3. Свердлильні верстати

1. При встановленні свердел та інших різальних інструментів і пристроїв у шпindel верстата необхідно звертати особливу увагу на міцність їх закріплення



і точність центрування.

2. Видалення стружки із просвердлюваного отвору дозволяється проводити тільки після зупинення верстата і відведення інструменту.

3. Усі предмети, які призначені для обробки, за виключенням особливо важких, повинні бути встановлені і закріплені на столі або плиті свердлильного верстата нерухомо за допомогою лещат, кондукторів або інших надійних пристроїв.

4. Для витягання інструменту зі шпинделя верстата повинні застосовуватись спеціальні молотки і вибивачі, зроблені із матеріалу, який виключає відокремлення його частинок при ударі.

5. Шпиндель з патроном повинен самостійно повертатися у верхнє положення при відпусканні штурвала подачі свердла.

Забороняється:

- застосовувати свердла і патрони із забитим або спрацьованим хвостовиком;
- використовувати при роботі на верстаті рукавиці;
- утримувати виріб під час обробки руками.

Клини, гвинти та інші елементи, що використовуються для закріплення інструмента, не повинні виступати над периферією шпинделя.

А.2.4. Фрезерні верстати

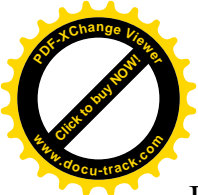
1. При установленні і зміні фрез повинні застосовуватись спеціальні пристрої, що запобігають порізам рук.

2. Неробочі частини фрез повинні бути огорожені.

3. Збірні фрези повинні мати пристрої, що запобігають вилітання зубців під час роботи. Забороняється застосовувати фрези (дисккові пилки), що мають тріщини або поламани зуб'я.

А.2.5. Заточувальні та шліфувальні верстати

1. Перед встановленням на верстат абразивний інструмент повинен бути оглянутий. Не дозволяється експлуатація інструменту з тріщинами на поверхні, а також того, який не має відмітки про випробування на механічну міцність або з простроченим терміном зберігання.



2. Перед встановленням усі абразивні круги повинні бути відбалансовані. При виявленні дисбалансу круга після перевірки або у процесі роботи він повинен бути повторно відбалансований.

3. При встановленні абразивного круга необхідно між фланцями і кругом установлювати прокладки із картону або іншого еластичного матеріалу товщиною 0,5...1,0 мм. Прокладки повинні виступати за фланець по всій окружності не менше як на 1 мм.

4. Перед початком роботи круг, який встановлено на шліфувальний верстат, повинен бути перевірений на ходу (вхолосту) при робочому числі обертів: круг діаметром до 400 мм – не менше 2 хв. Понад 400 мм – не менше 5 хв.

До роботи можна приступати, тільки переконавшись у тому, що круг не має биття.

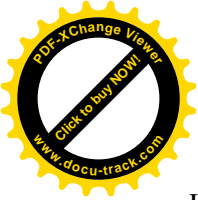
5. Захисний екран заточувального верстата повинен бути заблокованим з пусковим пристроєм, що виключає можливість пуску верстата при піднятому (відведеному) екрані.

6. Випробування, встановлення і правка абразивних кругів проводиться спеціально призначеними і підготовленими робітниками.

Правку шліфувальних кругів дозволяється проводити тільки спеціально призначеним для цієї мети інструментом (алмазним олівцем, металевими роликками, металокерамічними дисками тощо). При правці обов'язково користуватись захисними окулярами.

7. Забороняється:

- приймати круги без відмітки про їх випробування;
- проводити правку кругів не призначеним для цього інструментом;
- при обробці виробів шліфувальним кругом застосовувати важелі для збільшення натиску на круг;
- працювати без захисного кожуха;
- виконувати роботу боковими (торцевими) поверхнями кругів, які спеціально не призначені для такого виду робіт.



8. При зменшенні діаметра круга внаслідок його спрацювання число обертів круга може бути збільшене, але так, щоб не перевищувати колову швидкість, допустиму для даного круга.

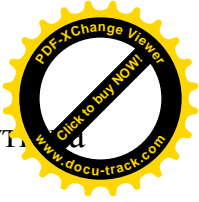
9. Для утримання виробів, що подаються до заточувального (шліфувального) круга вручну, повинні застосовуватись підручники або замінюючи їх пристрої. Підручники повинні бути пересувними, що дозволяє встановлювати їх в необхідному положенні в міру спрацювання круга. Зазор між краєм підручника і робочої поверхні круга повинен бути менше половини товщини оброблюваного виробу, але не більше 3 мм, причому край підручника з боку круга не повинен мати вибоїн, сколів та інших дефектів.

Підручники встановлюють так, щоб дотик виробу до круга відбувався вище горизонтальної площини, що проходить через центр круга, але не більше як на 10 мм.

10. Заточувальні (шліфувальні) верстати при роботі без охолодження повинні бути оснащені пиловідсмоктуючими пристроями.

A2.6. Правила охорони праці і безпечних прийомів роботи.

1. Працюйте тільки справним інструментом.
2. Не торкайтеся до оголених електродів і частин електроустаткування: можете потрапити під наругу.
3. Перед пуском верстата перевірте справність пускового пристрою (рубильника, кнопок включення). Переконайтеся, що не відбудеться само включення верстата.
4. Правильно встановлюйте круг:
 - ретельно огляньте і перевірте, чи немає в ньому тріщин;
 - круг діаметром 150 мм і більше повинний мати свідоцтво про перевірку його на іспитовому верстаті. Невипробуваним абразивним кругом працювати забороняється;
 - зазор між діаметром отвору круга та діаметром шпинделя повинний бути від 0,1 і не більше 1,5 мм;
 - встановлюючи круг, вставте прокладки між фланцями і навкруги по обидва боки. Прокладки повинні бути з еластичного матеріалу (щільного



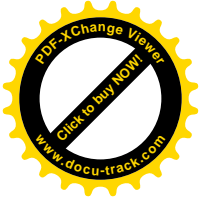
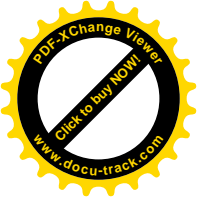
паперу, картону, гуми) товщиною 1-3 мм. Діаметр прокладки повинний бути 6-10 мм більше діаметра затискних фланців;

– правильно підбирайте затискні фланці за розмірами круга; діаметри фланців повинні бути не менше 1/3 діаметра круга, а затискні поверхні на обох фланцях – однаковими. Фланці для кріплення кругів, які встановлюються на перехідних фланцях-втулках, повинні затискати поверхню круга на величину не менше 1/5 радіальної ширини кільцевої поверхні круга;

– після встановлення круга ретельно відбалансируйте його;

– установіть захисний кожух, після чого випробуйте круг вхолосту при робочому числі обертів протягом 5 хв., щоб переконатися в міцності круга й у тім, що він не має биття.

5. Не працюйте без огороження шліфувального круга захисним кожухом. Підбирайте кожух за діаметром і висотою круга. Міцно і правильно встановлюйте кожух.
6. Застосовуйте запобіжний пересувний козирок і, в міру спрацьовування круга, опускайте його.
7. Зазор між опорою і кругом не повинний перевищувати 3 мм. По мірі зношування круга робіть регулювання положення опори.
8. При роботі без охолодження користуйтеся захисним окуляром або захисним екраном.
9. Предмет, який обробляється, встановлюйте правильно і надійно, щоб під час роботи верстата була зовсім виключена можливість його вильоту.
10. Не тримайте на верстаті готових виробів, інструмента, заготовок, ганчірок.
11. Не торкайтеся до шліфувального круга та до оброблюваної деталі до повної їхньої зупинки.
12. Шліфувальний круг до оброблюваної деталі або деталь до круга підводьте плавно; не піддавайте круг ударам, натиску та поштовхам.
13. Бічною поверхнею круга працювати забороняється, якщо круг не призначений спеціально для даної роботи.
14. Перед зупинкою верстата виключіть подачу і відведіть шліфувальний круг від деталі або деталь від круга.



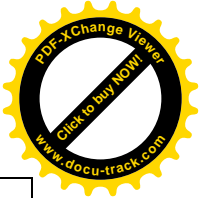
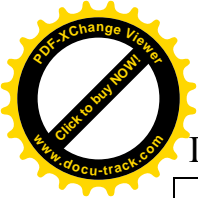


Додаток Б

Таблиця Б.1

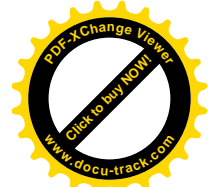
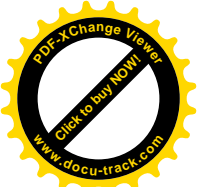
Визначення твердості за Брінеллем та співвідношення чисел твердості,
визначених за різними методами

Твердість за Брінеллем, <i>HB</i>				Твердість за Роквеллом		Твердість за Брінеллем, <i>HB</i> , МПа	Твердість за Віккерсом, <i>HV</i>	Границя міцності, σ_b , МПа
Діаметр відбитку, мм	<i>D</i> = 10мм, <i>D</i> = 5 мм			<i>HRC</i>	<i>HRB</i>			
	<i>P</i> = 30000, Н	<i>P</i> = 10000, Н	<i>P</i> = 7500, Н					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,00	9460	3150	2290	-	-	-	-	-
2,05	8930	3000	2170	-	-	-	-	-
2,10	8750	2860	2070	-	-	-	-	-
2,15	8170	2730	1960	-	-	-	-	-
2,20	7820	2610	1870	72	-	-	-	-
2,25	7440	2480	1780	69	-	-	-	-
2,30	7130	2380	1700	67	-	7170	9180	-
2,35	6830	2270	1620	65	-	6860	8590	-
2,40	6520	2180	1560	63	-	6560	7930	-
2,45	6270	2090	1490	61	-	6280	7400	-
2,50	6000	2000	1430	59	-	6000	6940	-
2,55	5780	1930	1370	58	-	5840	6720	-
2,60	5550	1850	1310	56	121,3	5610	6300	-
2,65	5320	1780	1260	54	120,2	5360	5920	-
2,70	5120	1710	1210	52	119,1	5120	5560	1920
2,75	4950	1660	1160	51	118,5	5000	5390	1860
2,80	4770	1590	1110	49	117,4	4760	5080	1730
2,85	4600	1530	1070	48	116,8	4640	4930	1670
2,90	4440	1480	1030	47	116,2	4530	4790	1620
2,95	4300	1440	995	45	115,0	4300	4520	1510
3,00	4150	1380	965	44	114,4	4190	4400	1460
3,05	4650	1340	920	43	113,8	4080	4280	1410
3,10	3870	1290	880	41	112,7	3870	4060	1320
3,15	3750	1250	855	40	112,1	3770	3960	1270
3,20	3640	1210	824	39	111,5	3670	3860	1240
3,25	3510	1170	795	38	110,9	3570	3760	1190
3,30	3400	1140	768	37	110,4	3470	3670	1160
3,35	3320	1110	741	36	109,7	3370	3570	1120
3,40	3210	1070	716	35	109,1	3270	3480	1090
3,45	3110	1040	691	34	108,5	3180	3390	1050
3,50	3020	1010	668	33	107,8	3090	3300	1030



Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,85	2480	830	-	25	102,2	2530	2670	840
3,90	2410	804	-	24	101,5	2470	2610	830
3,95	2350	783	-	23	100,8	2410	2550	810
4,00	2280	763	-	22	100,2	2350	2500	790
4,05	2230	743	-	21	99,5	2300	2450	770
4,10	2170	724	-	20	98,9	2250	2400	750
4,15	2120	706	-	19	98,1	2200	2350	730
4,20	2070	688	-	18	97,5	2150	2310	720
4,25	2010	671	-	17	96,9	2100	2270	710
4,30	1970	655	-	16	96,2	2060	2230	700
4,35	1920	639	-	15	95,5	2010	2190	700
4,40	1870	624	-	14	94,9	1970	2150	680
4,45	1830	609	-	13	94,1	1930	2110	670
4,50	1530	595	-	12	93,4	1900	2070	650
4,55	1790	581	-	11	92,6	1860	2030	640
4,60	1700	568	-	10	91,8	1830	1990	630
4,65	1670	555	-	9	91,2	1800	1960	630
4,70	1630	543	-	8	90,3	1770	1920	620
4,75	1590	531	-	7	89,7	1740	1890	610
4,80	1560	519	-	6	89	1710	1860	600
4,85	1520	507	-	5	88,3	1680	1830	590
4,90	1490	496	-	4	87,5	1650	1790	580
4,95	1460	487	-	3	87	1620	1770	580
5,00	1430	475	-	2	86	1600	1730	570
5,05	1400	465	-	1	85,5	1580	1710	560
5,10	1370	455	-	0	84,5	1540	1670	550
5,15	1340	445	-	-	83,2	1500	1620	530
5,20	1310	437	-	-	82	1450	1570	520
5,25	1280	428	-	-	80,5	1400	1530	510
5,30	1260	419	-	-	79	1360	1490	490
5,35	1230	410	-	-	77,5	1310	1430	480
5,40	1210	402	-	-	76	1270	1390	460
5,45	1180	394	-	-	74	1220	1350	450
5,50	1160	386	-	-	72	1170	1290	430
5,55	1140	379	-	-	70	1130	1250	420
5,60	1110	371	-	-	68	1080	1200	410
5,65	1090	364	-	-	66	1040	1160	390
5,70	1070	357	-	-	64	1000	1120	380
5,75	1050	350	-	-	61	960	1080	370
5,80	1030	343	-	-	58	920	1040	350
5,85	1010	337	-	-	55	870	990	340
5,90	992	331	-	-	51	830	950	320



Додаток В.

Приклади маркування абразивних кругів

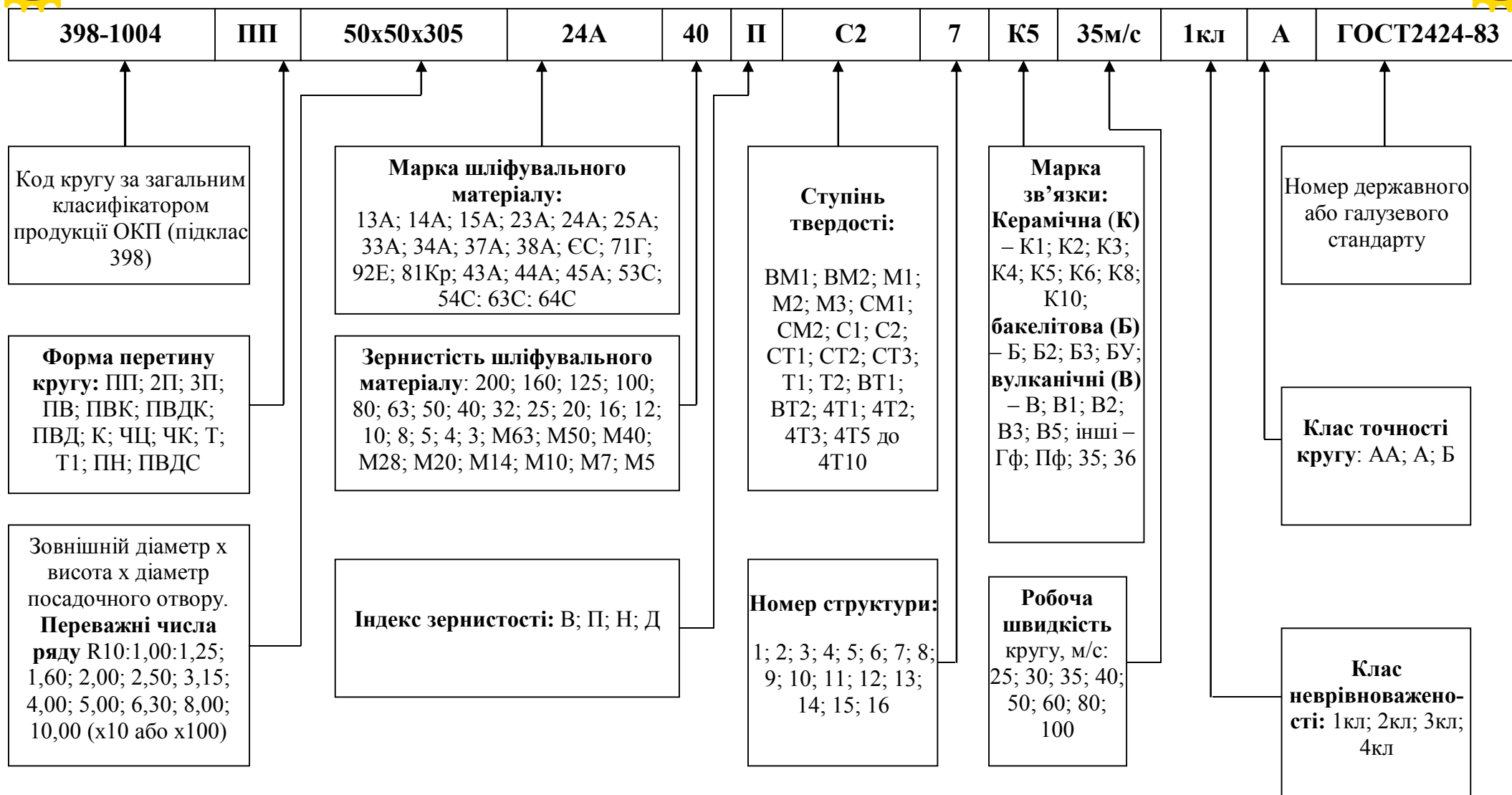


Рис. В.1. Схема маркування кругів для заточування інструменту

ГОСТ 24747-81 (СТ СЕВР 675-71)

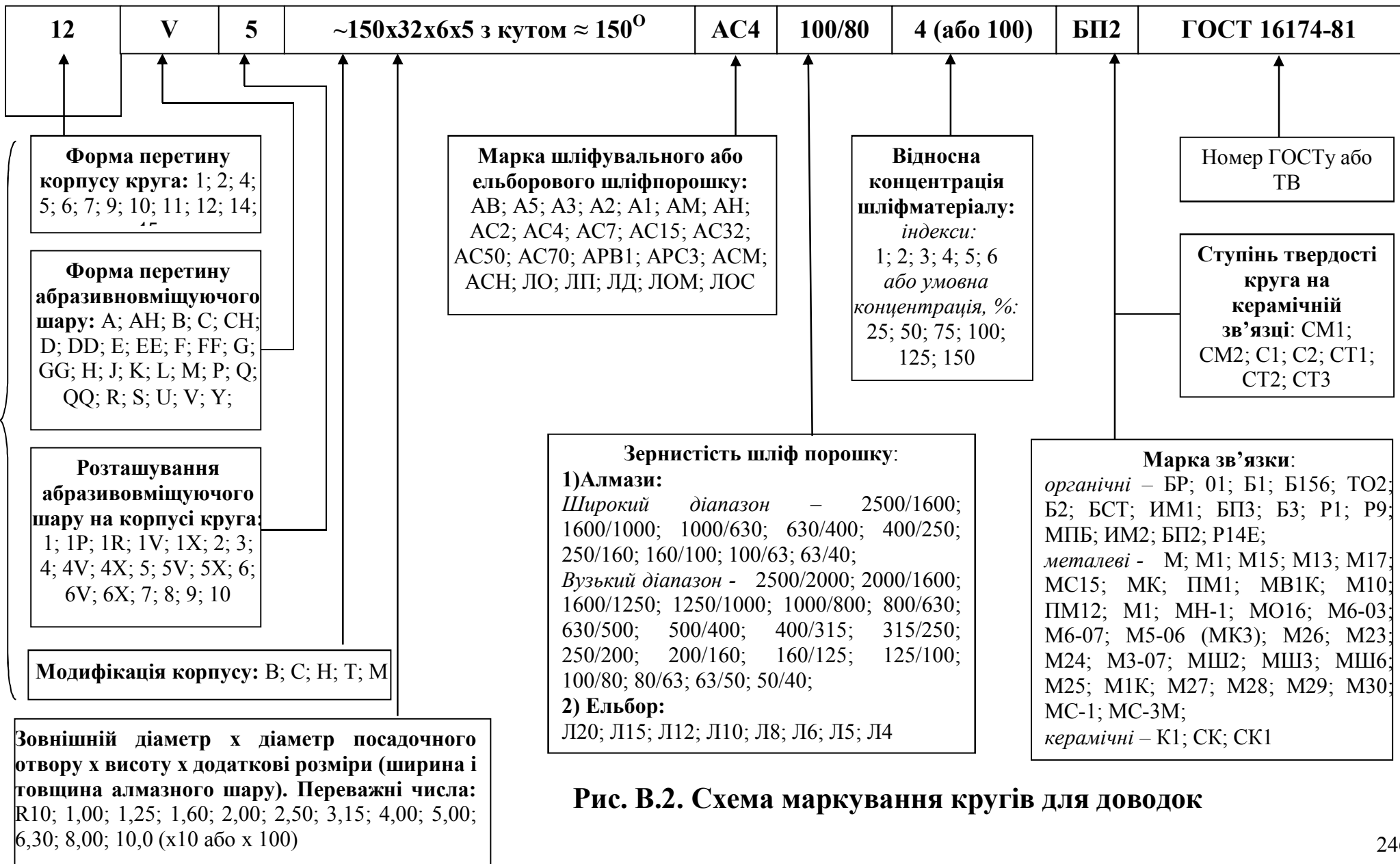


Рис. В.2. Схема маркування кругів для доводок



Додаток Г

Приклад складання креслення поковки, виготовленої об'ємним штампуванням.

Креслення деталі показано на (рис. Г.1.1).

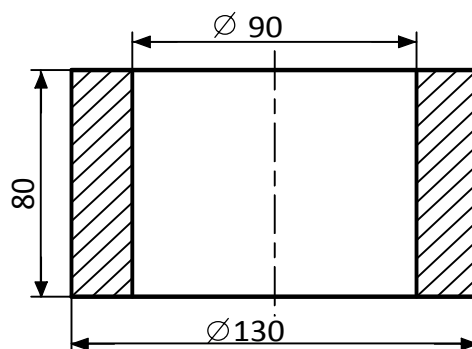


Рис. Г.1.1. Втулка

Штамування деталі буде проводитись у відкритому штампі осадкою в торець. Лінію розніму встановлюють на половині висоти деталі. Припуск на обробку передбачають на всі поверхні деталі. Виходячи із габаритних розмірів деталі $H = 80$ мм, $D_H = 130$ мм, $D_B = 90$ мм, попередньо визначають масу поковки див. табл. 14.5, 14.6 і встановлюють наступні припуски і допуски:

$$H + 4,4_{-1,0}^{+1,9}; \quad D_H + 4,6_{-1,1}^{+2,1}; \quad D_B - 4,4_{-1,0}^{+1,9};$$

Для вставки креслення поковки встановлюють такі номінальні розміри:

$$H = 80 + 4 = 84 \text{ мм}, \quad D_H = 130 + 5 = 135 \text{ мм},$$

$$D_B = 90 - 4 = 86 \text{ мм}.$$

Штампувальні ухили для зовнішніх і внутрішніх поверхонь призначають у відповідності з табл. 7 у залежності від виду використаного обладнання.

Радіуси заокруглень (при масі поковки до 6 кг глибини $h = 40$ мм) дорівнюють 2,5 мм; внутрішні радіуси – 7,5 мм.

На кресленні поковки наносять контур облойної канавки, для якої товщину облою у містку визначають за формулою (14.3)

$$h_3 = 0,015 \cdot 135 = 2 \text{ мм};$$



Решту розмірів знаходять за табл. 9:

$$h_1 = 4 \text{ мм}; b = 9 \text{ мм}; b_l = 25 \text{ мм}; S_{з.к.} = 1,36 \text{ мм}.$$

Товщину перемички визначають за формулою (14.2)

$$S = 0,45 \cdot 90 - 0,25 \cdot 40 - 5 + 0,6 \cdot 40 = 7,6 \approx 8 \text{ мм}.$$

На кресленні поковки рис. Г.1.2. тонкими лініями позначають контур деталі облойної канавки.

Маса поковки – 8,35 кг; деталі - 4,32 кг.

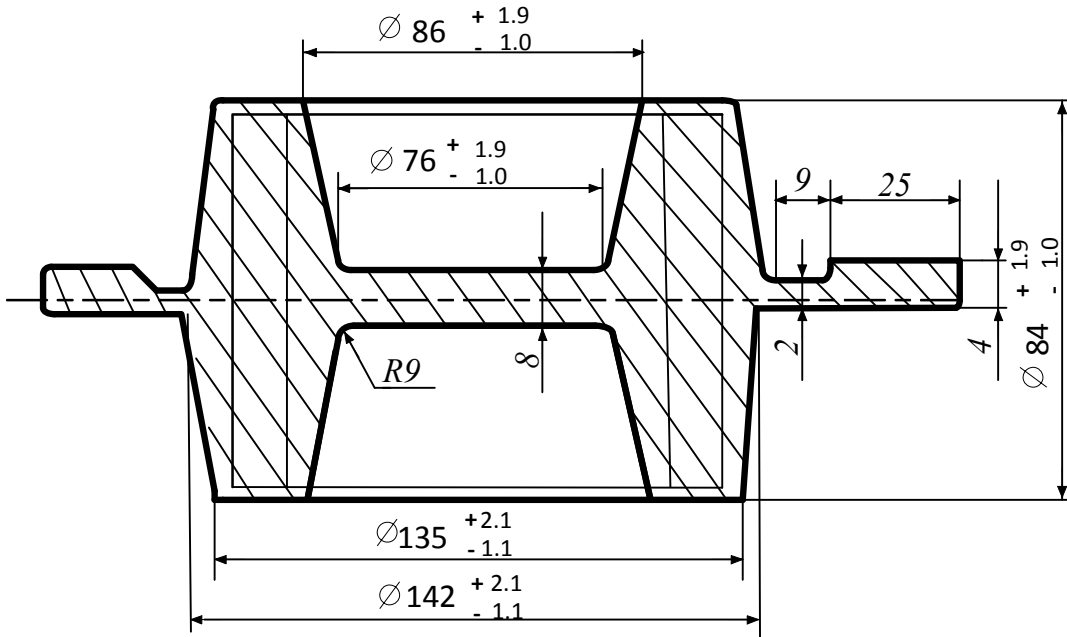


Рис. Г.1.2. Креслення поковки

Додаток Д

Схеми і розміри деталей

Креслення деталей показано на рис. Д.1.1-Д.1.2; відповідні розміри у міліметрах наведені у табл. Д.1.1-Д.1.2 за варіантами.

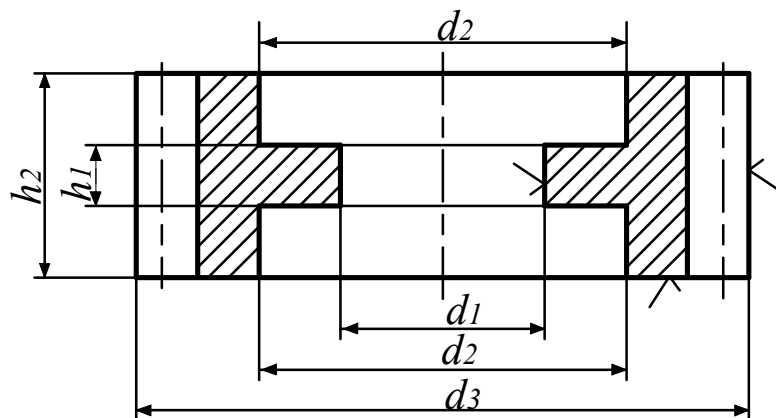


Рис. Д.1.1. Шестерня

Таблиця Д.1.1

Номер варіанту	d_1	d_2	d_3	h_1	h_2
1	40	100	140	50	15
2	50	100	150	60	20
3	40	110	150	50	15
4	50	120	160	60	20

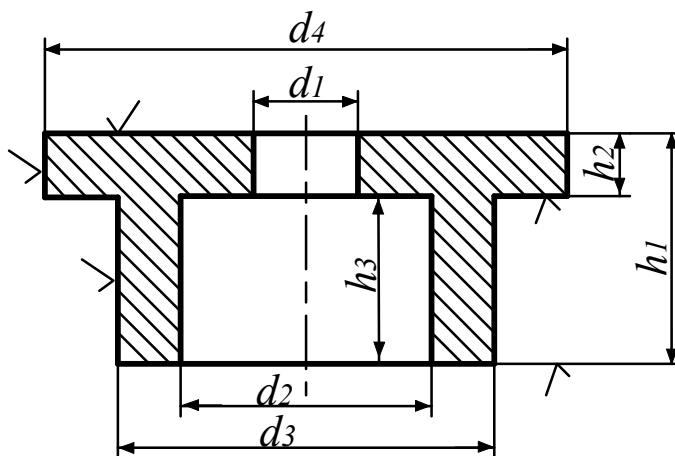


Рис. Д.1.2. Маточина

Таблиця Д.1.2

Номер варіанту	d_1	d_2	d_3	d_4	h_1	h_2	h_3
5	40	80	120	150	80	20	60
6	50	100	140	170	100	30	60
7	50	90	120	160	90	20	70
8	40	90	140	160	90	20	50
9	50	80	130	160	100	30	70

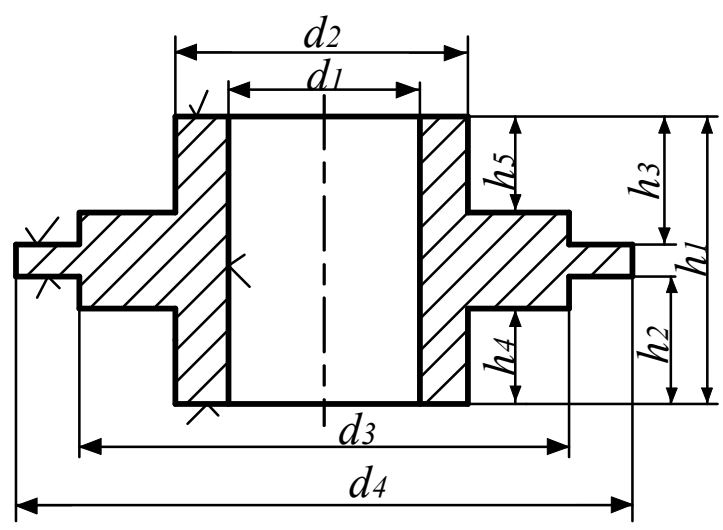
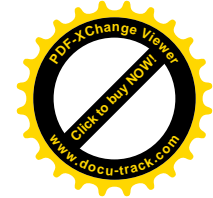


Рис. Д.1.3. Зірочка

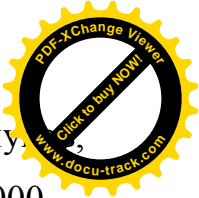
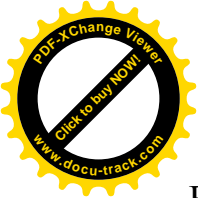
Таблиця Д.1.3

Номер варіанту	d_1	d_2	d_3	d_4	h_1	h_2	h_3	h_4
10	40	60	100	150	80	30	25	20
11	50	80	120	170	80	30	25	20
12	40	60	110	180	80	25	30	15
13	50	70	110	180	80	25	30	15
14	40	60	120	160	80	25	30	15
15	50	60	120	160	80	30	25	20

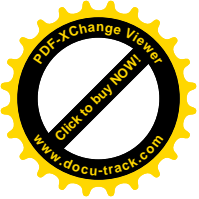


СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

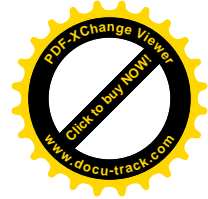
1. Дмитриченко М.Ф. Основи матеріалознавства: посібник / М.Ф.Дмитриченко, В.М.Ткачук, О.В.Мельник. – Київ: НТУ, 2008. – 162 с.
2. Интегрированные процессы обработки материалов резанием: учебник [для высш. учебн. заведений] /А.М.Грабченко, В.А.Залога, Ю.М.Внуков и др.; под общ. ред. А.И.Грабченко и В.А.Залого. – Сумы: Университетская книга, 2017. – 451 с.
3. Инструменты из сверхтвердых материалов: производственно-техническое издание / под редакцией Новикова Н.В. и Клименко С.А. – Москва: Машиностроение, 2014. – 608 с.
4. Канарчук В.Е. Прикладное автотракторное материаловедение: учебное пособие / В.Е.Канарчук, В.И.Шевченко. – Киев: УМКВО, 1990. – 164 с.
5. Континуальная и дискретно–континуальная модификация поверхностей деталей: монография / Н.А.Ткачук, С.С.Дяченко, Э.К.Посвятенко и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2015. – 260 с.
6. Крижний Г.К. Класифікація та маркування конструкційних металів і сплавів: навчальний посібник / Г.К.Крижний, Л.І.Пупань. Харків: НТУ «ХПИ», 2005. – 84 с.
7. Матеріалознавство: підручник / С.С.Дяченко, І.В.Дощечкіна, А.О.Мовлян, Е.І.Плешаков; за ред. проф. Дяченко С.С. – Харків: ХНАДУ, 2007. – 440 с.
8. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: підручник / А.С.Опальчук, Є.Г.Афтанділянц, Л.Л.Роговський та ін.; за ред. А.С. Опальчука і О.Є.Семеновського. – Ніжин: Видавець Лисенко П.П., 2013. – 752 с.
9. Металлорежущие инструменты: учебник для вузов / Г.Н.Сахаров, О.Б.Арбузов, Ю.Л.Боровой и др. – Москва: Машиностроение, 1989. – 328 с.
10. Механіка комбінованого протягування графітовмісних чавунів: монографія / Е.К.Посвятенко, Я.Б.Немировський, О.В.Чернявський, П.М.Єрємін; за ред. проф. Посвятенка Е.К. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2017. – 288 с.



11. Основні теорії різання матеріалів: підручник / М.П.Мазур, Ю.М. Вну. В.Л. Доброскок та ін.; під заг. Ред. М.П.Мазура. – Львів: Новий світ – 2000, – 2010. – 422 с.
12. Повстень В.О. Фізичні основи та джерела живлення зварювальної дуги: навчальний посібник / В.О.Повстень, Е.К.Посвятенко. – Київ: Арістей, 2004. – 168 с.
13. Посвятенко Е.К. Технологія металів. Основи обробки металів: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напрямів «Дизайн» та «Зварювання» / Е.К.Посвятенко, О.В.Сушко, О.В.Мельник. – Київ: НТУ, – 2013. – 116 с.
14. Правила охорони праці на автомобільному транспорті: підручник / С.А.Полянський, Ю.В.Гержод та ін. – Київ: «Основа», – 1997. – 329 с.
15. Сушко О.В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник / О.В.Сушко, С.В.Кюрчев. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. – 232 с.
16. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / М.А.Сологуб, І.О.Рожнецький, О.І.Некоз та ін.; під заг. ред. М.А.Сологуба. – Київ: Вища школа, 2002. – 374 с.
17. Прикладне матеріалознавство: підручник / О.В. Сушко, Е.К. Посвятенко, С.В. Кюрчев, С.І. Лодяков. – Мелітополь: ТОВ «Forward press», 2019. – 352 с.



Будяк Руслан Володимирович
Посвятенко Едуард Карпович
Швець Людмила Василівна
Жученко Галина Андріївна



КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено авторами

Викладено в авторській редакції

Підписано до друку 26.06.2020
Формат 29,7x42'А Папір офсетний.
Гарнітура Тітея №\ Котап.
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 13,86.
Наклад 50 прим. Зам № В2020-06

Видавець і виготовлювач ФОП Барановська Т. П.
21021, м. Вінниця, вул. Порики, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.