

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет

**Сігова В.І., Пчелінцев В.О.,  
Будник А.Ф., Любич О.Й.**

## **СИСТЕМА ТЕХНОЛОГІЙ**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник*

Суми  
Вид-во СумДУ  
2008

**УДК 658 (075.8)**

**С 40**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
(лист № 1.4/18-Г-799 від 04.04.08)*

Рецензенти:

д-р екон. наук, професор С.М.Козьменко  
(Українська академія банківської справи  
Національного банку України, м. Суми);  
д-р техн. наук, професор О.Р.Якуба  
(Сумський національний аграрний університет);  
д-р екон.наук, професор Л.В.Кривенко  
(Українська академія банківської справи  
Національного банку України, м. Київ)

**Сігова В.І., Пчелінцев В.О., Будник А.Ф., Любич О.Й.**  
**С 40** Система технологій. Навчальний посібник. – Суми:  
Вид-во СумДУ, 2008. – 209 с.

**ISBN 978-966-657-201-4**

У навчальному посібнику комплексно подані розділи робочої програми курсу «Система технологій», що викладається у бакалавратурі.

Посібник містить основні відомості про сучасні технологічні процеси одержання матеріалів, формоутворення із них заготовок, а також технології термічної обробки у машинобудуванні, що дозволяють отримати комплекс фізико-механічних властивостей для забезпечення регламентованої працездатності.

Стосовно технологій формоутворення деталей машин наведені основні вимоги до властивостей матеріалу для вибору оптимальної технології з урахуванням техніко-економічних показників. Посібник містить методичні вказівки із самостійного вивчення основних розділів курсу, наведені приклади виконання завдань, а також тестові питання для поточного і підсумкового контролю знань студентів.

Навчальний посібник призначений для студентів за денною та заочною формами навчання за фахом «Менеджмент організацій».

**УДК 658 (075.8)**

**ISBN 978-966-657-201-4**  
© В.І.Сігова, В.О.Пчелінцев,  
А.Ф.Будник, О.Й.Любич, 2008  
© Вид-во СумДУ, 2008

## ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
1 Мета і завдання викладання дисципліни, її місце у навчальному процесі.....	6
2 Робоча програма.....	9
3 Зміст дисципліни.....	13
3.1 Структура і загальна характеристика народного господарства України.....	13
3.2 Науково-технічний прогрес у промисловості.....	16
3.3 Металургійна промисловість України.....	17
3.4 Конструкційні матеріали у промисловості.....	18
3.5 Базові технології заготівельного виробництва...	19
3.6 Паливно-енергетичний комплекс.....	23
3.7 Основні технології обробки заготовок і деталей машин.....	24
3.8 Технологічні і виробничі процеси.....	27
3.9 Показники якості продукції. Стандартизація і сертифікація.....	32
3.10 Основні технології будівельного комплексу.....	42
3.11 Базові технології у хімічній промисловості. ТЕП і характеристика виробництв.....	45
3.12 Основні технології у машинобудуванні. Техніко-економічна оцінка ефективності технологічних процесів у виготовленні деталей машин і агрегатів.....	47
3.13 Нові матеріали і прогресивні технології зміцнення деталей машин. Нанотехнології у матеріалознавстві і машинобудуванні.....	50
4 Сплави, які отримують методами порошкової металургії.....	54
4.1 Основні відомості про порошкову металургію...	54
4.2 Тверді сплави і мінералокераміка.....	59

4.3 Пориста і компактна металокераміка.....	63
5 Неметалеві матеріали.....	65
5.1 Загальні відомості про полімери і пластичні маси.....	65
5.2 Термопластичні полімери і пластмаси.....	69
5.3 Термореактивні полімери і пластмаси.....	75
6 Завдання на контрольну роботу.....	77
Розділ 1 Технології добувної і металургійної промисловостей.....	77
Розділ 2 Технології отримання заготовок у ливарному виробництві і основні методи механічної обробки.....	80
Розділ 3 Технологія отримання заготовок обробкою металів тиском.....	82
Розділ 4 Технології отримання нерознімних з'єднань.....	83
Розділ 5 Технології термічної обробки заготовок і деталей машин.....	85
7 Приклад виконання контрольної роботи.....	90
8 Питання для підсумкового контролю.....	110
9 Лабораторні роботи.....	114
Лабораторна робота 1 Вивчення ручного електро- дугового зварювання.....	114
Лабораторна робота 2 Ливарне виробництво.....	127
Лабораторна робота 3 Зміна властивостей сплавів і основних величин деформації при прокатці.....	157
Лабораторна робота 4 Термічна обробка вуглецевої сталі.....	170
Практичне заняття. Практика маркування і розшифровки машинобудівних матеріалів.....	196
Список літератури.....	208

## ВСТУП

У здійсненні програм економічного і соціального розвитку нашої країни надзвичайно велике значення має підвищення ефективності суспільного виробництва, вишукування і обґрунтування найбільш ефективних шляхів розвитку галузей народного господарства, раціонального використання ресурсів і резервів. Для цього економісти повинні володіти відповідними технічними знаннями, вони повинні знати закономірності і тенденції розвитку галузей промисловості.

Економіст, який недостатньо знає виробництво, оперуючи економічними категоріями і цифрами, може не розглядіти, що за ними стоїть, чим вони зумовлені, чим викликані їх зміни. Знання виробництва допоможуть економісту прийняти правильне рішення. Інженерні знання допоможуть зрозуміти і оцінити нові можливості, що виникають у зв'язку з розвитком НТП, досягненнями науки і техніки.

*Технологія* - це процес послідовної зміни стану, властивостей, структури, форми та інших характеристик предметів праці з метою виготовлення певної продукції. Є різні предмети праці, різні виробництва і, отже, різні види технологій. Для економістів широкого профілю потрібні різні технічні знання і вміння, щоб швидко орієнтуватися у складних умовах сучасного виробництва.

Слово «технологія» походить від грецьких «технос» - мистецтво, ремесло, «логос» - наука, слово. Дослівно «технологія» - наука про ремесло. Це прикладна наука, яка вивчає способи і процеси переробки сировини у засоби виробництва та предмети споживання. Технологія - самостійна галузь знань.

Технологія промислового виробництва визначається особливостями галузі промисловості і безперервно розви-

вається разом з технікою. Кожне підприємство випускає продукцію за певною технологією. Є технологія одержання, чавуну, сталі, алюмінію, аміачної селітри, поліетилену, цукру, пастеризованого молока, обробки матеріалів тиском, різанням, складання машин, виготовлення інструменту тощо.

Технологія одержання певних видів продукції, як правило, складається із різних процесів, їх кількість, склад, послідовність виконання залежать від вихідної сировини, її підготовки, складності і кількості обладнання, знарядь праці, організації виробництва.

## **1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

### **1.1 Мета і завдання викладання дисципліни**

«Система технологій» - дисципліна, що вивчає сучасний стан розвитку галузей промисловості, починаючи з гірничодобувної, металургійної, промисловостей хімічних виробництв, машинобудування, закінчуючи підприємствами будівельної індустрії.

**Мета дисципліни** - дати майбутнім фахівцям-менеджерам основні поняття про технологічні процеси видобутку і збагачення корисних копалин, виробництва чорних і кольорових металів, неметалічних матеріалів та їх перероблення - формоутворення заготовок методами лиття, прокатки, кування, штампування, волочіння, пресування з подальшою їх механічною обробкою. Дати майбутнім фахівцям-організаторам і керівникам виробництв поняття організації технологічних процесів будівельних підприємств, зварювальних, будівельно-зварювальних робіт.

**Завдання вивчення дисципліни** - формування у студентів знань і умінь за допомогою вивчення способів розвідки і розроблення корисних копалин, визначення техніко-економічних показників (ТЕП) металургійних процесів при одержанні металів і сплавів: формоутворення заготовок різними способами; фізична сутність явища що відбувається у металі внаслідок впливу на метал температури, тиску, різних видів пластичного деформування, залежності між хімічним сплавом, будовою і властивостями матеріалів при зовнішньому впливі різних факторів; вивчення основних груп сучасних конструкційних матеріалів, їх властивості й галузі застосування.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати** основи технологічних процесів виробництва і переробки найважливіших галузей промисловості; фізичну сутність явищ, що відбуваються в матеріалах при різних технологічних процесах формоутворення заготовок деталей машин; ТЕП основних технологій машинобудування і хімічної промисловості; взаємозв'язок якості продукції з використовуваними технологіями.

**Уміти** вибирати раціональні процеси формоутворення заготовок, використовуючи прогресивні, менш металомісткі, енергозберігаючі технології, економічно більш доцільні для виробництва, що забезпечують одержання продукції і виробів високої якості, у кінцевому підсумку визначальні високі експлуатаційні характеристики; підвищення надійності і довговічності у цілому вузлі, агрегаті, машини з найменшими витратами праці, високої екологічної чистоти й охорони навколишнього середовища.

Студент повинен **мати** уявлення про взаємозв'язок різних технологічних процесів з питаннями екології, перспективи розвитку галузей. При виробництві і переробці конструкційних матеріалів необхідно мати

уявлення про вплив методів формоутворення деталей, термічної і хіміко-термічної обробки на структуру і властивості металів. Важливо зрозуміти, що технологічні процеси одержання й обробки матеріалів є базою для забезпечення науково-технічного прогресу в основних галузях машинобудування. Студенти повинні мати уявлення про проблеми утилізації відходів промисловостей, про необхідність скорочення витрат матеріалів (економії матеріалів) на одиницю продукції. Необхідно засвоїти питання про роль технологій у забезпеченні якості та конкурентоспроможності продукції.

### **1.2 Структурно-логічне місце дисципліни у навчальному процесі**

При вивченні курсу «Система технологій» використовуються знання з дисциплін середньої освіти: «Загальна хімія» - основні відомості про будову атома, періодична система елементів, типи зв'язків у твердих тілах, енергетика хімічних процесів, загальна характеристика хімічних сполук, теорія корозії металів, полімерні матеріали, «Фізика» - енергія теплового руху молекул, кристалічна будова металів і сплавів, деформації, види деформацій твердих тіл, механічні та фізичні властивості металів і сплавів.



## 2 РОБОЧА ПРОГРАМА

### 2.1 Лекції

Номер розділу	Найменування розділу, теми, питань	Посилання на літ-ру
1	2	3
1	<b>Вступ</b>	2, с. 3-8
1.1	Загальні відомості про технології та системи	1, с. 10-15; 1, с.24-28
1.2	Виробничий процес. Класифікація технологічних процесів	1, с. 41-44; 2, с.11-16
2	<b>Структура і загальна характеристика народного господарства України</b>	1, с. 15-20; 2, с. 6-7
2.1	Поняття галузі та її різновиди. Структура виробництва	2, с.105-107
2.2	Добувна промисловість України. Сировина та її кваліфікація	2, с.28-39
2.3	Загальні відомості з геології. Основні технологічні схеми видобутку руд, нафти, корисних копалин і газових родовищ	1,с.472-480; 2, с.45-57
2.4	Еколого-економічні проблеми технологій у добувній промисловості	1,с.849-870; 2, с.93-101
3	<b>Науково-технічний прогрес у промисловості</b>	2, с.7-10
3.1	Поняття про науково-технічний прогрес у промисловості	
3.2	Основні напрямлення НТП	
3.3	Базові технології, які визначають НТП	5, с.113-120
4	<b>Металургійна промисловість України</b>	1,с.218-290
4.1	Структура сучасного металургійного виробництва	2, с.65-100
4.2	Вихідні матеріали. Підготовка до виробництва	3, с.25-73
4.3	Технологія та обладнання для виробництва чавуну. Продукція й техніко-економічні показники (ТЕП) доменного виробництва	
4.4	Характеристика методів одержання сталі	
4.5	Технологія переробки чавуну у сталь. Обладнання, яке застосовується. ТЕП способів переробки (конверторний, мартенситний, дугових печах, індукційних печах)	

1	2	3
4.6	Порошкова металургія	3,с.618-625
5	<b>Конструкційні матеріали у промисловості</b>	3,с.5-20
5.1	Класифікація, властивості, будова	4,с.265-300
5.2	Маркування чорних сплавів. Галузь застосування	1,с.371-378
5.3	Маркування кольорових сплавів. Галузь застосування	3,с.421-425
6	<b>Базові технології заготівельного виробництва</b>	5,с.52-59
6.1	Технологічні процеси одержання заготовок методами лиття. Основні показники виробництва. Економічна ефективність спеціальних методів лиття	3,с.174-265; 2,с.115-139
6.2	Технологічні процеси одержання заготовок методами пластичної деформації. ТЕП прокатки, волочіння, пресування, кування, штампування	2, с.129-139; 3,с.80-173
6.3	Технології одержання нерознімних з'єднань (зварювання, паяння).	2, с.141-157; 3,с.266-339
7	<b>Паливно-енергетичний комплекс</b>	
7.1	Паливо і його класифікація. Властивості	1, с.290-297
7.2	Сутність та економічна оцінка способів переробки палива	1, с.472-674
7.3	Види енергії. Джерело електричної енергії	1,с.298-320
8	<b>Основні технології обробки заготовок і деталей машин</b>	
8.1	Сутність і обладнання технологічних процесів механічної обробки. Економічна оцінка	2,с.158-174; 3,с.60-66
8.2	Електрофізичні й електрохімічні методи обробки	3,с.532-560
8.3	Термічна обробка. Характеристика основних технологій. Економічна оцінка	2, с.179-185; 4,с.204-265
9	<b>Технологічні і виробничі процеси</b>	2, с.185-192; 5,с.71-74
10	<b>Показники якості продукції. Стандартизація і сертифікація</b>	
10.1	Поняття про якість. Основні показники.	6,с.13-18; с.56-70
10.2	Стандартизація та сертифікація продукції.	6,с.82-90

1	2	3
10.3	Методи контролю якості продукції	3,с.365-370
11	<b>Основні технології будівельного комплексу</b>	
11.1	Будівельні матеріали, класифікація, властивості та призначення	1, с.321-368
11.2	Технології виробництва будівельних матеріалів	2, с.214-242
11.3	Техніко-економічна оцінка будівельного виробництва	
12	<b>Базові технології у хімічній промисловості. ТЕП і характеристика виробництв</b>	1, с.425-466; 2,с.193-213
13	<b>Основні технології у машинобудуванні. Техніко-економічна оцінка ефективності технологічних процесів у виготовленні деталей машин і агрегатів</b>	1, с.396-422; 2,с.254-275
14	<b>Нові матеріали і прогресивні технології зміцнення деталей машин. Нанотехнології у матеріалознавстві і машинобудуванні</b>	5, с.125-131

## 2.2 Лабораторно-практичні роботи

Номер роботи	Номер розділу курсу	Тема заняття	Посилання на літ-ру
1.		Маркування конструкційних та інструментальних сталей і сплавів	
2.		Вивчення процесу виготовлення разової ливарної форми.	
3.		Ливарне виробництво	
4.		Вивчення властивостей сплавів і основних величин деформації при прокатці	
5.		Термічна обробка вуглецевої сталі	

## 2.3 Контрольна робота

Номер завдання	Найменування завдання	Посилання на літ-ру
1	2	3
1	Техніко-економічні обґрунтування технологій формоутворення і обробки заготовок	
1.1	Технології добувної промисловості у хімічній та металургійній галузях народного господарства	1, 2
1.2	Економічна оцінка технологій одержання заготовок методами пластичної деформації	3,6, 9, 10
1.3	Аналіз технологій одержання нерознімних з'єднань	3,9
1.4	Аналіз і економічна доцільність обробки деталей на металорізальних верстатах	3
1.5	Аналіз і економічна оцінка технологій обробки заготовок і деталей машин	3, 4, 11,8

## 2.4 Навчально-методична література

Назва	Кількість	Вид
1	2	3
Основна література		
1. Остапчук Н.В., Рыбак А.И. Система технологий (по видам деятельности). Учебное пособие. –К.: ЦУЛ, 2003. -888 с.	20	Посібник
2. Дичковська О.В. Система технологій галузей народного господарства. –К.: ІСДО, 1995. -312 с.	10	Посібник
3. Дальский А.М. Технология конструкционных материалов. –М.: Машиностроение, 1983. -450 с.	80	Підручник
4. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. –М.: Машиностроение, 1972. -500 с.	20	Підручник

1	2	3
Додаткова література		
5. Васильева И.Н. Экономические основы технологического развития: Учебное пособие для вузов. –М.: Банки и биржи. ЮНИТИ, 1995. -160 с.	1	Посібник
6. Учаев П.Н. Качество продукции и системы технологий. –Сумы: СумГУ, 1999. -230 с.	50	Підручник
Методичні вказівки		
7. Пчелінцев В.О., Сігова В.І., Раб В.М. Практика маркування і розшифровки машинобудівних матеріалів. –Суми: СумДУ, 1994. – 14 с.	50	
8. Марченко С.В. Ливарне виробництво. – Суми: СумДУ, 2007. -30 с.	90	
9. Пчелінцев В.А., Лисин В.М., Раб В.Н. Изменение свойств сплавов и основных величин деформации при прокатке. –Сумы: СумГУ, 1994. – 13 с.	50	
10. Сігова В.И. Методические указания к выполнению лабораторной работы «Термическая обработка углеродистой стали». – Сумы: СумГУ, 2006. -28 с.	50	

### 3 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

#### 3.1 Структура і загальна характеристика народного господарства України

Економіка суверенної України посідає друге місце після Росії в господарстві колишнього Союзу. Народного господарський комплекс України охоплює всі ланки суспільного виробництва, розподілу та обміну на своїй території. Народне господарство України - це багатоструктурна система. Розрізняють відтворювальну, територіальну і галузеву структури народногосподарського комплексу.

В основі *відтворювальної* структури лежить поділ народного господарства на групу А (виробництво засобів виробництва) і групу Б (виробництво предметів споживання).

В основі *територіальної* структури лежить територіальний поділ праці. Він проявляється у виробничій спеціалізації економічних районів, у розвитку в кожному з районів тих чи інших галузей виробництва. Головним тут є широке використання сприятливих природних і економічних умов кожного регіону, зосередження матеріальних засобів і трудових ресурсів на тих виробництвах, які в даному регіоні економічно ефективніші.

*Галузева* структура - це співвідношення питомої ваги різних галузей в загальному об'ємі виробленої за 1 рік продукції. *Галузь* - сукупність виробничих об'єднань (підприємств), науково-дослідних і проектно-конструкторських організацій, що виготовляють продукцію, подібну за своїм призначенням, сировиною, застосуванням в основному виробництві, подібних технологіях і відповідних кадрів. Галузі властиві своє особливе виробництво, організація та економіка.

*Класифікація* галузей народного господарства - це є їх систематизований перелік, що відображає структуру народного господарства. Вона допомагає стежити за становленням і розвитком нових галузей, підвищенням ролі прогресивних. Дозволяє робити висновок про найбільш загальні і суттєві народногосподарські пропорції і на цій основі встановлювати стійкі виробничі зв'язки в народному господарстві, планувати оптимальну його структуру.

Народне господарство поділяється на сферу матеріального виробництва і невиробничу сферу.

*До сфери матеріального* виробництва належать такі комплексні галузі, як промисловість, будівництво, сільське господарство, лісове господарство, транспорт, зв'язок. Це галузі, які займаються створенням продукції, переміщен-

ням вантажів, зберіганням продукції, заготівлею сировини тощо. *Провідною* серед цих комплексних галузей є промисловість. Вона об'єднує електроенергетику, паливну промисловість, металургійну, хімічну і нафтохімічну, машинобудівну і металообробну, легку, харчову, лісову, деревообробну, целюлозну, скляну, промисловість будівельних матеріалів та інші галузі. Ці комплексні галузі у свою чергу, поділяються на дрібніші.

Наприклад, *машинобудівна* промисловість включає важке машинобудування, середнє машинобудування, загальне машинобудування, виробництво точних машинобудівних механізмів, приладів та інструментів, виробництво металевих виробів і заготовок та ремонт машин і устаткування. А далі, наприклад, *важке* машинобудування включає такі галузі, як виробництво металургійного, гірничошахтного, підйомно-транспортного й енергетичного устаткування, *середнє* машинобудування включає автомобілебудування, тракторобудування, верстатобудування, авіаційну промисловість, виробництво машин легкої і харчової промисловості та ін.

*Паливна* промисловість, наприклад, складається з вугільної, газової, нафтової, сланцевої і торфової галузей. Далі йде іще дрібніший поділ. Так, вугільна промисловість включає такі виробництва - добування вугілля, збагачення, виготовлення вугільних брикетів.

Процес диференціації проходить і в інших галузях. У галузевій структурі постійно проходять зміни.

*До невиробничої сфери* належать такі галузі і види людської діяльності, які не створюють матеріальної бази, вони формують нормальні умови господарської діяльності. Це торгівля і громадське харчування, матеріально-технічне постачання і збут, житлово-комунальне господарство, побутове обслуговування, охорона здоров'я, фізична культура, соцзабезпечення, освіта, культура, мистецтво, наука і

наукове обслуговування, держстрах, кредитування, управління.

За принципом дії галузі поділяють на добувні та переробні.

### **3.2 Науково-технічний прогрес у промисловості**

Науково-технічний прогрес - це поступовий процес вдосконалення знарядь праці, методів виробництва, наукових досліджень. Науково-технічний прогрес має дві форми - еволюційну і революційну. *Еволюційна* форма - поступова зміна, вдосконалення технічних засобів праці без корінної зміни як самих засобів, так і їх наукових основ. *Революційна* форма - стрибок як у наукових відкриттях, так і в практичних діях, наприклад, стрибок до нового типу засобів праці.

Розвиток техніки і технології пов'язаний із зростанням продуктивності праці. Підвищення продуктивності праці є головним вирішальним критерієм технічного прогресу. Разом з тим технічний прогрес служить розвитку людини, організації і умовам її праці. Тому має і соціальне значення. Науково-технічний прогрес позитивно впливає на розвиток економіки, так само як і розвиток економіки впливає на розвиток науки, техніки і технології.

*Науково-технічна революція* характеризується великими стрибками у вдосконаленні знарядь праці і технологій. Наприклад, перехід до автоматів, автоматичних поточкових ліній, промислових роботів, автоматизованих систем управління з використанням мікропроцесорів і мікроЕОМ, гнучких автоматизованих систем.

Досягнення науково-технічної революції прискорюють науково-технічний прогрес у промисловості.

Основними напрямками науково-технічного прогресу на сучасному етапі є: електрифікація промисловості; хімізація



виробництва; комплексна механізація і автоматизація промислового виробництва; впровадження передових технологій у всіх сферах народного господарства України.

### 3.3 Металургійна промисловість України

Металургійна промисловість - галузь народного господарства, яка займається виробництвом металів і сплавів. Є чорна металургія і кольорова.

*Чорна металургія* України має великий вплив на розвиток усіх галузей народного господарства. До складу чорної металургії України входять: збагачення та агломерація залізних, марганцевих і хромітових руд; виробництво чавуну; виробництво сталі; виробництво доменних феросплавів; виробництво прокату; виробництво електроферосплавів; випуск металевих виробів виробничого призначення.

Розрізняють металургію *повного* циклу, *переробну* металургію (якщо відсутнє чавунне виробництво) і *малу* металургію (на великих машинобудівних підприємствах, де є лише виплавлення сталі і одержання прокату).

Технічний рівень чорної металургії України сьогодні ще невисокий. Так, питома вага виробництва киснево-конверторної й електросталі становить близько 50% від загального виробництва, питома вага прокату у виплавці сталі - близько 2/3. Україна повністю забезпечує себе сировиною і допоміжними матеріалами для одержання чорних металів і сплавів. Більшість металургійних підприємств України мають *повний цикл* виробництва.

Чорна металургія України є *прибутковою* галуззю. Вона забезпечує власні потреби і експортує як сировину, так і готову продукцію.

*Кольорова металургія* України розвинена слабше. Є лише деякі її галузі. Кольорова металургія включає: збага-

чення і переробку руд кольорових металів, переробку вторинної сировини, видобуток кольорового каміння. Провідними галузями кольорової металургії України є: алюмінієва, цинкова, магнеєва, титанова, ртутна, феронікелева.

Металургійна промисловість України потребує вдосконалення. Основними перспективами розвитку є:

- 1 Поліпшення структури і якості металів і сплавів.
- 2 Збільшення частки киснево-конверторної й електросталі.
- 3 Ширше використання безперервного розливання сталі.
- 4 Реконструкція і переозброєння металургійних підприємств, модернізація металургійного обладнання.
- 5 Інтенсифікація технологічних процесів, підвищення рівня механізації й автоматизації.
- 6 Впровадження нових технологічних схем.
- 7 Впровадження сталеплавильних агрегатів безперервної дії.
- 8 Комплексне використання сировини.
- 9 Безвідхідні технології.

### **3.4 Конструкційні матеріали у промисловості**

Конструкційні матеріали, їх класифікація і вимоги, що ставляться до них. Основні фізичні, механічні, хімічні, технологічні й експлуатаційні властивості матеріалів.

Вивчення теми почніть з розгляду класифікації конструкційних матеріалів (металеві, неметалеві і композиційні матеріали), звернувши увагу на вміст кожної з груп даної класифікації. Вивчаючи види конструкційних матеріалів, необхідно розглянути основні властивості, якими вони характеризуються, - технологічні, експлуатаційні (механічні: межа міцності, межа текучості, ударна в'язкість; фізичні: теплопровідність, електропровідність, температура плавлення; хімічна активність, антикорозійні властивості й ін.). Зверніть особливу увагу на технологічні властивості, які

характеризують здатність матеріалів піддаватися різним методам гарячої і холодної обробки (зварюваність, ливарні властивості, оброблюваність різанням та ін.).

Властивості металів визначає їх атомно-кристалічна будова. При вивченні атомно-кристалічної будови розгляньте основні типи кристалічних ґраток. При цьому потрібно з'ясувати, що метали - тіла полікристалічні з великою кількістю точкової, лінійної й площинної недосконалості, яка значно змінює властивості реальних кристалічних тіл на відміну від чистих кристалів.

Вивчіть класифікацію сталей за призначенням, хімічним складом і якістю, залежність механічних властивостей вуглецевих сталей від вмісту вуглецю і домішок; маркування сталей, чавунів і сплавів кольорових металів. При вивченні даної теми необхідно розглянути ознаки класифікації сталей (за призначенням, за якістю, ступені легування і розкислювання), запам'ятати умовні позначення легувальних елементів в написанні марок сталей, а також порядок визначення зразкового хімічного складу сталі за її маркою. Оскільки сплави на основі заліза і вуглецю є найважливішими в народному господарстві, розгляньте вплив вмісту вуглецю і домішок (сірка, фосфор, кремній, марганець) на механічні властивості сталі. Використовуючи аналогічний підхід, розгляньте принципи маркування інших машинобудівних матеріалів (чавунів, твердих сплавів, кольорових металів та їх сплавів). При вивченні принципів маркування кольорових сплавів зверніть увагу на незбігання умовних позначень однакових легувальних елементів у кольорових сплавах і сталях.

### **3.5 Базові технології заготівельного виробництва**

У машинобудуванні економічно доцільним є отримання заготовок деталей машин пластичною деформацією.

Обробка металів тиском (ОМТ) ґрунтується на здатності металів у певних умовах одержувати пластичну дефор-

мацію під дією зовнішніх сил. Тому спочатку необхідно розглянути механізм пластичної деформації.

Фізичні основи ОМТ. Пружна і пластична деформація. Поняття про холодну і гарячу пластичну деформацію. Наклеп і рекристалізація. Нагрів металів при обробці тиском. Нагрівальні печі і пристрої.

Вивчити загальну характеристику усіх способів ОМТ, їх класифікацію. Поняття профілю і сортаменту. Значення профілів у сучасному машинобудівному виробництві.

Способи отримання профілів (плющення, пресування, волочіння, виробництво гнутих профілів), їх сутність, устаткування, що застосовується.

Способи отримання заготовок, що мають наближені форму і розміри готової деталі, їх сутність, основні схеми, використовуване устаткування і технологічні можливості (кування, об'ємне гаряче і холодне штампування, листове штампування, штампування еластичним середовищем, вибухом, електрогідравлічним і електромагнітним методом).

ОМТ піддають більше 90% сталі, що виплавляється, і 60% кольорових металів і сплавів. При цьому отримують вироби, різні за призначенням, масою, складністю, у вигляді заготовок і готових деталей з високою точністю розмірів і низькою шорсткістю поверхні.

Застосування процесів ОМТ дозволяє проводити формування з високою продуктивністю і малими відходами, а також з можливістю підвищення механічних властивостей металу в результаті пластичної деформації. Процеси обробки тиском за призначенням підрозділяють на два види:

- отримання заготовок постійного поперечного перетину за довжиною (виробництво профілів);
- отримання заготовок, що мають приблизно форми і розміри готових деталей.

Пластична деформація приводить до зміни фізико-механічних властивостей. Якщо ця зміна зберігається після пластичної деформації, то її називають холодною, а явище - зміцненням або наклепом. При нагріві зміцненого металу при певній температурі відбувається заміна деформованих зерен на рівноосьові. Це явище називають рекристалізаці-

єю, а деформацію, при якій рекристалізація відбувається у всьому об'ємі металу, називають гарячішою.

Нагрівання перед ОМТ проводиться з метою підвищення пластичності і зниження опору металу деформації. Будь-який метал повинен оброблятися тиском у певному інтервалі температур. Вивчіть принцип роботи і конструкції нагрівальних пристроїв (камерні і методичні печі, електронагрівальні пристрої), їх технологічні можливості, галузі застосування, що характеризуються типорозміром і величиною партії заготовок.

Основними технологічними властивостями металу, що деформується, є пластичність і опір деформації.

При розробленні процесів ОМТ вважають, що об'єми металу до деформації і після деформації однакові.

Вивчення способів виробництва машинобудівних профілів почніть з визначення понять "профіль" і "сортамент". Найуживаніші способи отримання профілів: плющення, пресування, волочіння, виробництво гнутих профілів. Зверніть увагу на об'єм виробництва різних профілів і галузі їх застосування.

**Плющення** – один з найпоширеніших способів виробництва профілів. Початковою заготовкою плющення є зливки. При плющенні метал деформується в гарячому або холодному стані валяннями, що обертаються, конфігурація і взаємне розміщення яких різне.

Отримання профілів **пресуванням, волочінням** і виробництво гнутих профілів розглянете в такій послідовності: вивчіть схему і сутність процесу, вживане устаткування і інструмент, сортамент одержуваної продукції; порівняйте технологічні можливості даного способу з плющенням.

**Кування і гаряче об'ємне штампування** відносять до способів отримання заготовок, що мають наближені форму і розміри готової деталі.

**Кування** застосовують при виробництві невеликої кількості однакових заготовок. Це єдино можливий спосіб отримання масивних поковок (до 250 т). Процес здійснюється в гарячому стані і складається з чергування у певній послідовності основних операцій кування. Перш ніж перейти до розгляду послідовності отримання поковок,

потрібно вивчити операції кування, їх особливості і призначення.

**Застосування гарячого об'ємного штампування** результативне лише при досить великих партіях поковок. Це зв'язано з використанням спеціального інструмента – штамп. Гаряче об'ємне штампування порівняно з куванням дозволяє виготовити поковку, за конфігурацією подібну до готової деталі, з великою точністю і високою продуктивністю.

Штампуванням отримують поковки масою до 100-200 кг, а в окремих випадках - до 3 т.

Розроблення креслення поковки включає призначення припусків, напуску, допусків, штампувальних уклонів, радіусів заокруглень і розмірів позначок під прошивку відповідно до діючих стандартів.

Вихідні заготовки для об'ємного штампування, як правило, отримують відрізанням сортового прокату різноманітного профілю. Здебільшого для того, щоб наблизити форму вихідної заготовки до форми поковки, її заздалегідь деформують у заготовчих струмках багаторівчачкових штампів.

**Холодне штампування поділять на листове і об'ємне.** При об'ємному штампуванні (холодному видавлюванні, висадці і формуванні) заготовкою служить сортовий прокат. При цьому отримують вироби з високою точністю і якістю поверхні. Проте через те, що зусилля при холодному об'ємному штампуванні значно більш ніж при гарячому, її можливості обмежені.

До листового штампування відносять процеси деформації заготовок у вигляді листів, смуг, стрічок і труб.

Виділяють дві групи операцій листового штампування:

- розділові;
- формозмінювальні.

Вивчаючи розділові операції, зверніть увагу, як впливають на якість отримуваних виробів технологічні параметри процесу (наприклад, величина зазора між різальними кромками). За основний показник економічності розкрою беруть коефіцієнт використання металу. Слід зазначити, що вирубування деталей з рулонної стрічки або смуги економічніше.

Вивчаючи формозмінювальні технологічні операції, зверніть увагу на те, що при операціях згинання і витяжки без стоншення товщина стінок заготовки практично не змінюється.

Дати техніко-економічне обґрунтування застосуванню того або іншого способу ОМТ для отримання заготовок деталей машин і конструкцій.

### **3.6 Паливно-енергетичний комплекс**

Для здійснення будь-якого технологічного процесу необхідні паливо і електроенергія, гідроенергія.

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) складається з групи галузей і підгалузей промислового виробництва, що спеціалізуються на видобутку, збагаченні, переробленні та споживанні твердого мінерального, рідкого і газового палива, виробництві, передачі і використанні електроенергії і теплоти. Структура ПЕК України формується з урахуванням паливно-енергетичного балансу, що склався, і відображає територіальну специфіку видобутку (виробництва) і споживання паливних та енергетичних ресурсів. Паливно-енергетичний баланс України характеризується рядом індивідуальних особливостей, що виражаються високою питомою вагою кам'яного вугілля, атомної енергії і незначним використанням таких первинних енергетичних ресурсів, як гідроенергія, а також нафта і продукти її перероблення. У майбутньому, у зв'язку з погіршенням геологічних можливостей видобутку нафти і природного газу передбачається значно збільшити доставку в Україну газового й рідкого палива.

Паливна промисловість України складається із кам'яно- та буровугільної, нафто- та газодобувної, торф'яної та нафтопереробної галузей. Останніми роками відбулися суттєві зміни у структурі видобутку палива. Зараз структу-

ра видобутку характеризується такими показниками: на вугілля припадає 76,3% усього видобутку палива (у перерахунку на умовне) і 95% зайнятого у ній промислово-виробничого персоналу. Потім ішли газова (відповідно 18,9 і 2,5%), нафтова (4,0 і 0,8%), торф'яна (0,4 і 1,2%) га-лузі промисловості.

Провідне місце у паливній промисловості України по-сідають Луганська і Донецька області: у 1998 р. на них припадало відповідно 33 і 31% усієї товарної продукції га-лузі. За ними йдуть Львівська, Волинська, Івано-Франківська та деякі інші області.

### **3.7 Основні технології обробки заготовок і деталей машин**

**3.7.1 Класифікація технологічних методів обробки заготовок.** Основне завдання при обробці заготовок: за-безпечити задану форму поверхні, точність розмірів, шорст-кість поверхні, фізико-механічні властивості.

Термінологія і загальні поняття при обробці заготовок лезовим і абразивним інструментом.

Точність і якість оброблених поверхонь. Показники якості. Взаємозв'язок показників якості з експлуатаційни-ми характеристиками виробів. Продуктивність обробки. Економічна доцільність обробки деталей на металорізаль-них верстатах.

Інструментальні матеріали. Вимоги до інструменталь-них матеріалів. Сучасні інструментальні матеріали. Обгру-нтування і вибір матеріалів для виготовлення інструменту.

Призначення і технологічні можливості верстатів різ-них груп, у т.ч. **токарної групи**. Основні схеми обробки, використовуваний інструмент.



Призначення і технологічні можливості верстатів **свердловально-розточувальної групи**. Основні схеми обробки, використовуваний інструмент (свердла, зенкери, розвертка).

Призначення і технологічні можливості **стругальних, довбальних і протяжних верстатів**. Ефективність застосування стругання, довбання і простягання в машинобудуванні.

Призначення і технологічні можливості **фрезерних верстатів**. Галузь раціонального використання.

**Зубонарізання**. Основні методи профілізації зубів зубчастих коліс. Інструмент для зубонарізання. Обробка заготовок на **шліфувальних верстатах**. Призначення і технологічні можливості верстатів шліфувальної групи. Характеристика абразивних інструментів.

**Завданням** усіх способів розмірної обробки є отримання з максимальною продуктивністю деталей необхідних розмірів, форми і якості поверхні, що відповідають вимогам креслення.

**Хонінгування** – процес чистової абразивної обробки поверхонь, виконуваний дрібнозернистими абразивними (алмазними) брусками, закріпленими в хонінгувальній головці.

**Суперфініш** – так само, як і хонінгування, належить до процесів обробної обробки, як правило, зовнішніх поверхонь.

**До фізико-хімічних методів** розмірної обробки матеріалів відносять методи, що забезпечують знімання оброблюваного матеріалу в результаті фізико-хімічних процесів, при яких відсутня наявність безпосереднього контакту матеріалу інструменту високої твердості з оброблюваним матеріалом заготовки.

Найширше у промисловості застосовуються електроерозійна розмірна, електрохімічна і ультразвукова обробки. Суть електроерозійної обробки полягає у зміні форми, розмірів, шорсткості і властивостей поверхні заготовки шляхом знімання матеріалу припуску за рахунок керованого процесу електричної ерозії – руйнуванні матеріалу електродів при електричному пробі міжелектродного проміжку.

**Електрохімічна обробка** полягає в отриманні деталей необхідної геометричної форми, розмірів і якості поверхонь за рахунок видалення шару металу припуску анодним розчиненням металу при електролізі.

**Ультразвукова абразивна обробка (УЗАО)** полягає у тому, що знімання матеріалу - припуск - здійснюється крихким сколюванням мікрообсягів при імпульсній ударній силевій дії частинок вільного абразиву з ультразвуковою частотою, що дорівнює 16-30 кГц.

**Комбінованими** називають методи, що одночасно поєднують в одному процесі розмірної обробки заготовки два і більше традиційних методів, наприклад, хімічну і механічну обробку різанням. Комбіновані методи є результатом науково-технічного вдосконалення процесів розмірної обробки. Вони підвищують продуктивність, точність обробки та її економічні показники.

У процесі різання ріжучий клин (лезо) випробовує в контактних зонах з матеріалом стружки і обробленою поверхнею інтенсивне тертя і тепловиділення, що обумовлює спрацювання інструменту.

Розрізняють такі види спрацювання інструменту. **Абразивно-механічний**, що обумовлений мікроподряпанням і руйнуванням робочих поверхонь інструменту твердими компонентами оброблюваного матеріалу (карбідами, нітридами, оксидами і частинками наросту, що руйнується).

Такому зношуванню піддається інструмент з вуглецевих, легованих і швидкорізальних інструментальних сталей. **Абразивно-хімічний** знос відбувається, коли у складі змащувально-охолоджуючих речовин (СОВ) міститься хімічно активні речовини, що ослабляють поверхневе напруження інструментального матеріалу. В результаті полегшується процес абразивного руйнування матеріалу інструменту при мікроподряпанні. **Адгезійно-втомне** зношування інструменту є результатом схоплювання інструментального матеріалу і оброблюваного матеріалу з подальшим виривом частинок інструментального матеріалу. Найактивніше адгезійне зношування проходить при температурі 0,35-0,5 від температури плавлення матеріалу інструменту і невисокої різниці твердостей інструментального і оброблюваного матеріалів. **Дифузійне зношування** проходить за таких умов різання, коли між оброблюваним та інструментальним матеріалами встановлюються стійкі адгезійні зв'язки і при температурах вище 850<sup>0</sup>С відбувається взаємна дифузія матеріалів інструменту і оброблюваної заготовки.

Реально на практиці затуплення різального інструменту (знос) відбувається у результаті видів зносу і пластичної деформації різальної кромки, що одночасно проходять.

### **3.8 Технологічні і виробничі процеси**

В основі будь-якого промислового виробництва лежить технологічний процес, який є частиною виробничого процесу. Одночасно технологічний процес складається з окремих елементів (складових частин).

*Виробничий процес* - це сукупність технологічних процесів (дій), у результаті яких вихідні матеріали і напівфабрикати перетворюються у готові вироби.

*Технологічний процес* - це послідовна зміна форми, розмірів властивостей матеріалів і напівфабрикатів з метою одержання деталі або виробу відповідно до заданих технічних вимог. Технологічні процеси складаються із ряду фізичних, хімічних, механічних явищ, які відрізняються характером якісних змін і перетворень. Часто самі процеси називають фізичними, хімічними, механічними або фізико-хімічними тощо.

*Фізичні і механічні* процеси характеризуються зміною лише зовнішньої форми і фізичних властивостей речовин. При цьому будова і склад їх, як правило, залишаються незмінними (формоутворення виробів, подрібнення сировини гоїло). *Хімічні* процеси викликають зміни не тільки фізичних властивостей, але й агрегатного стану, хімічного складу, внутрішньої будови (гідроліз деревини). У технологічних процесах часто мають місце всі ці дії одночасно. Тому поділ процесів на фізичні, хімічні, механічні чисто умовний.

Кожен технологічний процес може бути поділений на окремі технологічні ланки (операції) і зображений у вигляді *технологічної схеми*. Технологічні процеси є основні і допоміжні. Ті процеси, які забезпечують перетворення сировини і матеріалів в готову продукцію, називаються *основними*. Наприклад, виготовлення заготовок литтям, куванням, штампуванням, механічна обробка різанням, складання виробів та ін. *Допоміжні* процеси забезпечують виготовлення продукції, що використовується для обслуговування основного виробництва. Наприклад, виготовлення металорізальних інструментів, запасних частин для ремонту обладнання, транспортування заготовок та ін.

Технологічні процеси проектуються. При декількох варіантах технологічних процесів вибирають оптимальний.

В основу класифікації технологічних процесів покладено такі ознаки: спосіб організації, кратність обробки, рух сировини і теплових потоків, агрегатний стан, тепловий ефект, умови виливу на процес та інші.

1 *За способом організації* технологічні процеси поділяють на дискретні, безперервні і комбіновані.

*Дискретні* (періодичні) процеси - всі стадії процесу відбуваються в одному апараті, фізико-хімічні умови (тиск, температура, концентрація реагуючих речовин та ін.) з часом змінюються. Завантаження сировини і виділення готових речовин відбуваються періодично. Під час завантаження сировини і виділення одержаної продукції агрегати (обладнання) простоюють, що веде до зниження продуктивності, втрат часу, ускладнення обслуговування. Випалювання цегли, виплавлення сталі, виготовлення відливків - це періодичні процеси.

*Безперервні* процеси - сировина може завантажуватися в апарат безперервно або періодично окремими порціями. Готова продукція виділяється із апаратів у міру готовності. В апараті (апаратах) усі стадії процесу відбуваються одночасно в різних зонах (апаратах), фізико-хімічні умови окремих стадій процесу залишаються незмінними. Перегонка нафти, одержання цементу, виплавлення чавуну - безперервні процеси.

*Комбіновані* процеси - поєднання стадій дискретних і безперервних процесів. Можна періодично подавати сировину до агрегату і безперервно виділяти готову продукцію або навпаки. Коксування вугілля, потокові лінії механічної обробки - комбіновані процеси.

2 *За кратністю обробки* технологічні процеси поділяють на циклічні (кругові), із розімкненим ланцюгом (відкриті) і комбіновані.

Процеси *із замкненою* технологічною схемою характеризуються тим, що сировина, яка не прореагувала, разом із порцією свіжої сировини повертається на початок процесу. Таким чином, частина сировини циркулює у замкненому циклі. Такі процеси є основою для створення безвідхідних і енергозберігаючих технологій. Прикладами таких процесів є синтез аміаку, одержання поліетилену високого тиску.

Процеси *із розімкненою* технологічною схемою - процеси одноразової обробки сировини. Прикладом таких процесів є одержання сірчаної кислоти контактним способом, виробництво сталі.

При *комбінованій* (змішаній) схемі одна із реагуючих речовин (або допоміжні матеріали) може циркулювати (одержання сірчаної кислоти нітрозним способом).

3 *За рухом сировини* і теплових потоків технологічні процеси є паралельнотечійними, протитечійними (зустрічними), перехресними.

*Паралельнотечійні* процеси - сировина і теплові потоки рухаються в одному напрямі. Це може мати місце при висушуванні матеріалів, теплообмінні та ін.

*Протитечійні* процеси - сировина і теплові потоки рухаються назустріч один одному. При такому русі швидкість реакцій більша. Реагуючі речовини повніше взаємодіють. Металургія чавуну, одержання кислот, мінеральних добрив - приклади протитечійних процесів.

*Перехресні* процеси - це коли сировина і теплові потоки рухаються один до одного під кутом. Такі процеси широко використовуються (виробництво сірчистого газу, мідного концентрату, випалювання вапняку тощо).

4 *За перегінним етапом* технологічні процеси поділяють на гомогенні і гетерогенні.

*Гомогенними* називають процеси, коли реагуючі речовини перебувають в одному агрегатному стані. Їх ще називають однорідними. Прикладом такого процесу є синтез аміаку, горіння у суміші з киснем та ін.

*Гетерогенними* (неоднорідними) є такі процеси, коли реагуючі речовини перебувають у різних агрегатних станах: газ-рідина; газ - тверда речовина; газ - рідина - тверда речовина. Наприклад, горіння коксу, випалювання сірчаного колчедану, одержання кислоти та ін.

5 *За тепловим ефектом* технологічні процеси є екзотермічними та ендотермічними.

*Екзотермічні* процеси - такі процеси, при яких виділяється теплота. Наприклад, горіння палива, реакції окислення, відновлення та ін. Теплота, що виділяється під час екзотермічних реакцій, може бути використана для підтримування режимів роботи, і це сприяє зменшенню втрат палива (металургія сталі), її можна використати для побутових потреб. А іноді при екзотермічних реакціях печі, апарати потрібно охолоджувати. Це потребує зайвих затрат.

*Ендотермічні* процеси - це процеси, що проходять з поглинанням теплоти (нагрівання води та її перетворення в пару, деякі реакції відновлення окислення, випалювання вапняку та ін.). У багатьох технологічних процесах мають місце і екзотермічні, і ендотермічні реакції. Це сприяє створенню оптимального температурного режиму в апаратах (печах).

6 *За умовами впливу на процес* є високотемпературні, низькотемпературні, каталітичні, вакуумні, електрофізичні та інші процеси.

### **3.9 Показники якості продукції. Стандартизація і сертифікація**

Показниками технічного рівня можуть бути: витрати енергії або встановлена потужність двигунів, займана виробнича площа чи об'єм, маса, одинична продуктивність, надійність, ефективність (ступінь досягнення корисних результатів), керованість та ін. Кожен з перелічених показників характеризує одну чи декілька якостей технічного об'єкта і повинен мати кількісну оцінку. У зв'язку з різною природою показників методика їх визначення різноманітна і може бути дуже трудомісткою.

Номенклатура показників якості промислової продукції залежить і від визначених умов її створення і застосування:

1 Показники призначення, які характеризують функціональну та технологічну ефективність і конструктивну досконалість.

2 Показники надійності, які оцінюють властивості довгочасності, ремонтпридатності і збереженості.

3 Показники технологічності, які використовують для оцінки затрат матеріалів, засобів виробництва і часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні, технологічному обслуговуванні і ремонті.

4 Показники стандартизації, які характеризують відповідність продукції стандартам та оригінальним пристроям.

5 Ергономічні показники, які оцінюють систему "людина-техніка" і враховують комплекс гігієнічних, фізіологічних та психологічних особливостей, що проявляються у виробничих умовах.

6 Естетичні показники, які оцінюють інформаційну виразність і раціональність форми, цілісність композиції і досконалість виробничого виконання продукції.

7 Патентно-правові показники, які вказують міру оновлення технічних рішень, використаних в продукції, їх па-



тентний захист, а також можливість безперешкодної реалізації продукції в країні і за її межами.

8 Екологічні показники, які оцінюють рівень впливу на навколишнє середовище при експлуатації.

9 Показники безпеки, що характеризують безпеку персоналу при використанні продукції.

Показники якості промислової продукції виражають в одиницях:

- натуральних (кг/год; т/добу; м/с; шт/год; год/відмов, тощо);

- відносних безрозмірних (напр., у відсотках) або за допомогою умовної системи чисельних чи вартісних балів.

У галузі використання можливі:

а) показники якості одиничних виробів;

б) показники якості сукупності однорідних виробів (рівень якості, коефіцієнт сортності, характеристики розсіяних показників);

в) індекси якості або дефектності різнорідної продукції за визначений період часу.

### **Сертифікація і стандартизація продукції у машинобудуванні**

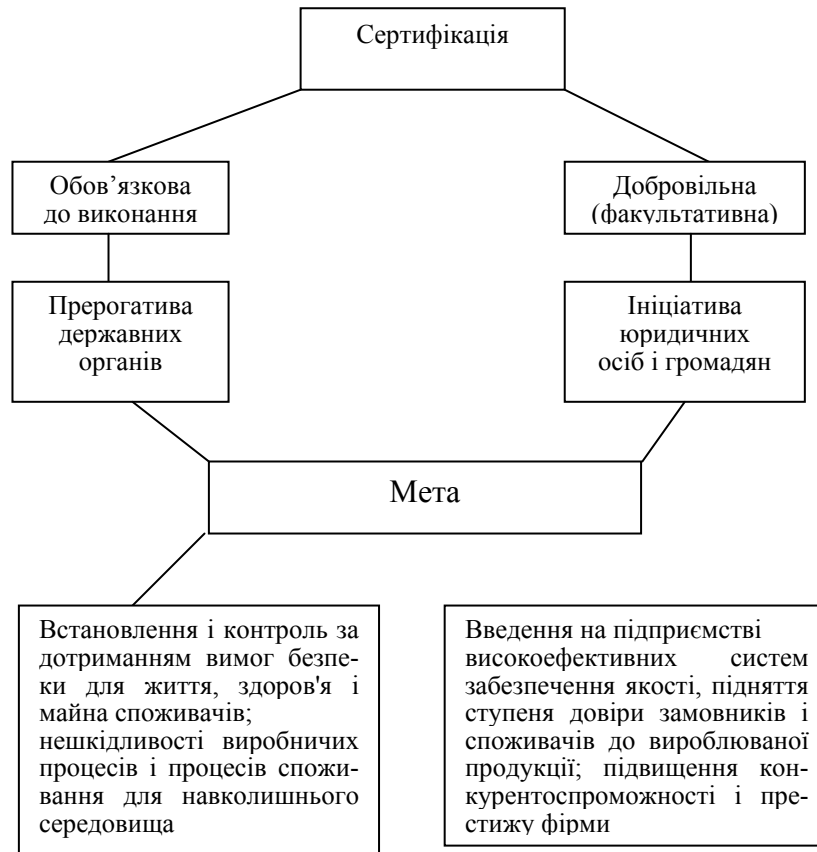
**Сертифікація** - це діяльність щодо впорядкування взаємовідносин між виготівником, споживачем і державою через об'єктивне підтвердження відповідності продукції або послуг установленим вимогам нормативно-технічного документа із стандартизації (НТДС).

**Мета** - захист інтересів окремих споживачів і держави в цілому, вихід на зарубіжні ринки, забезпечення довіри замовників і споживачів до постачальника продукції на основі ДСТУ 180 9001-95 - 9003-95.

**Об'єкти сертифікації:** системи виробництва; засоби виробництва; продукція виробничо-технічного призначен-

ня; товари народного споживання; параметри і послуги; технічні параметри; сировина і матеріали.

**Сертифікат відповідності** - це документ, що підтверджує відповідність продукції (послуг) вимогам стандартів або інших документів, взаємоузгоджених споживачем і виробником, що засвідчується відповідним знаком. Видача і наявність сертифіката за наслідками випробування продукції в міжнародних центрах свідчить про відповідність якості продукції НТДС Т80 і є показником конкурентоспроможності даної продукції і обов'язковою умовою для виходу на зовнішній ринок.



Питаннями сертифікації у рамках ISO займається її спеціалізований орган СА8СО. У цілях контролю якості вітчизняної і зарубіжної продукції в Україні створена спеціальна система сертифікації - **УкрСЕПРО**, правовою основою якої є закон України «Про захист прав споживача»;

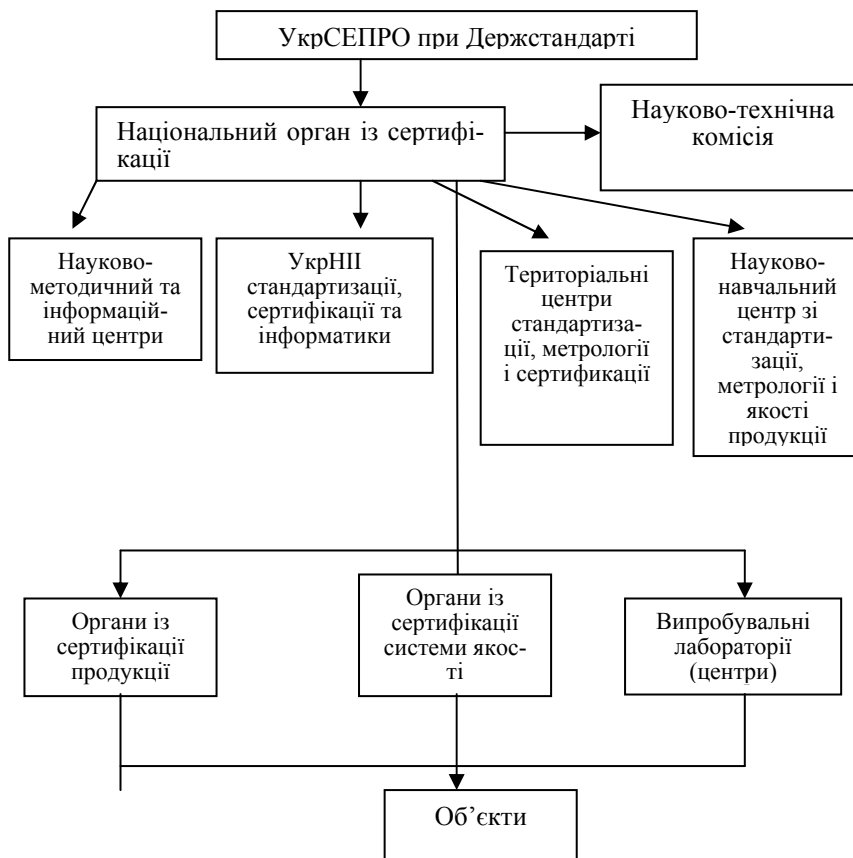


Схема структури органів сертифікації в Україні

Декрет Кабміну і Закон України «Про стандартизацію і сертифікацію» від 11.06.1997 р. Основні положення щодо сертифікації продукції в системі УкрСЕПРО закріплені ДСТУ 3613-96 «Порядок проведення сертифікації продукції» і ДСТУ 3416-96 «Порядок реєстрації об'єктів добровільної сертифікації», в яких враховані положення міжнародних стандартів ISO.

**Порядок проведення сертифікації продукції у загальному випадку такий:**

- уявлення і розгляд заяви на сертифікацію продукції;
- аналіз поданої документації й ухвалення рішення;
- обстеження виробництва;
- атестація виробничої продукції, що підлягає сертифікації;
- відбір зразків продукції та їх випробування;
- аналіз одержаних результатів і ухвалення рішення про видачу ліцензії;
- видача сертифіката відповідності і запис продукції в Реєстр системи;
- технічний нагляд сертифікованої продукції під час її виробництва. Підтвердження факту сертифікації продукції здійснюється одним із способів: оригіналом сертифіката відповідності або копією його, засвідченого органом, який видав сертифікат.

Сертифікацію проводять аудитори (експерт-фахівець), що має право атестації за видами виробництва.

Сертифікація продукції є одним з головних механізмів управління якістю товарів і послуг, проводиться з метою об'єктивної оцінки технічного рівня промислової продукції, підтвердження споживачу її безпеки і екологічної чистоти, забезпечення і підвищення конкурентоспроможності, як на внутрішньому, так і на міжнародному ринку, що особливо важливе.

Така продукція вище оцінюється, швидше включається в експлуатацію, оскільки відпадає необхідність проведення випробувань у рамках вхідного контролю у споживача, сприяє розширенню ринку збуту і збільшенню прибутку.

#### **Система стандартизації у народному господарстві**

За визначенням міжнародної організації зі стандартизації (1964 р.) і ГОСТом 1.0-85 термін «стандартизація» означає: встановлення і застосування правил з метою впорядкування діяльності у певній галузі на користь і за участю всіх зацікавлених сторін для досягнення загальної оптимальної економії при дотриманні умов експлуатації і вимог безпеки.

У сучасних умовах основною особливістю стандартизації є активна роль в управлінні народним господарством, що виражається у встановленні та застосуванні обов'язкових норм, правил, вимог, спрямованих на прискорення технічного прогресу, підвищення продуктивності суспільної праці, ефективності використання матеріальних цінностей і поліпшення якості продукції. Стандартизація ґрунтується на об'єднаних досягненнях науки, техніки і передового досвіду. Вона визначає основу не тільки теперішнього, але й майбутнього розвитку і повинна здійснюватися нерозривно з прогресом, тобто стандартизація - це планова діяльність.

**Нормативно-технічна документація зі стандартизації (НТДС)** – документ, що встановлює комплекс норм, правил і вимог, обов'язкових для виконання в певних галузях діяльності, розробленої в установленому порядку і затвердженої компетентними органами.

**Стандарт** - НТД, що встановлює комплекс норм, правил і вимог до об'єкта стандартизації і визначає оптимальні для суспільства рішення. Залежно від сфери дії, змісту і рівня затвердження компетентними органами стандарти підрозділяють на категорії: державні (ГОСТ), галузеві

(ОСТ), республіканські (РСТ), стандарти підприємства (СТП).

**Технічні умови (ТУ)** – НТД, що встановлює комплекс вимог до конкретних виробів, матеріалів й іншої продукції, її виготовлення і контролю. ТУ розробляється відповідно до ГОСТу 2.115-70 і затверджується керівником міністерства (або підприємства) на термін, що залежить від нормативних термінів оновлення продукції. Для посилення ролі стандартизації в технічному прогресі, підвищення якості продукції і економічності її виробництва розроблена і введена в дію в народному господарстві ДСС - державна система стандартизації (ГОСТ 1.08.85 - 1.25.85). Вона є комплексом взаємозв'язаних правил і положень, що визначають цілі і завдання стандартизації, їх права і обов'язки; організацію і методика проведення робіт із стандартизації у всіх галузях народного господарства; визначає категорії стандартів і галузь стандартизації; стадії розроблення і порядок упровадження; основні положення про контроль за упровадженням і дотриманням стандартів, порядок їх оформлення, викладу і перегляду. Таким чином ДСС визначає організаційні методичні і практичні основи стандартизації у всіх ланках народного господарства. **Головна мета ДСС** - за допомогою стандартів, що відповідають передовому рівню вітчизняної і зарубіжної науки, техніки і виробництва, сприяти забезпеченню пропорціонального розвитку всіх галузей народного господарства: поліпшення якості роботи і його оптимального рівня; забезпечення умов розвитку спеціалізацій у галузі проектування і виробництва продукції, зниження її трудомісткості, металомісткості при поліпшенні якості продукції; забезпечення умов для широкого розвитку експорту товарів високої якості, що відповідають вимогам світового ринку; раціональне використання виробничих фондів і економія матеріальних і трудових ресурсів; розвиток міжнародного економічного і технічного

співробітництва; забезпечення охорони здоров'я населення, безпеки трудових робіт, охорона природи і поліпшення використання природних паливно-сировинних ресурсів.

**Об'єктами стандартизації є: вироби основного виробництва (машини, прилади, інструменти і т.д.), деталі, механізми і пристрої, що широко використовуються у машинобудуванні; геометричні елементи конструкторського оформлення деталі і складальних одиниць; розрахункові нормативи на напруги, що допускаються; матеріали, що використовуються в народному господарстві і впливають на якість, надійність і довговічність готових виробів; система умовних позначень, одиниць вимірювань і науково-технічної термінології; технологічні нормативи (типові технологічні процеси, режими різання, термічної обробки, кування, штампування, ливарні процеси електрозварювань та ін.); системи організаційно-технічних заходів і вимог до параметрів і показників якості; методи, засоби зберігання і транспортування продукції.**

**Завдання:**

- встановлення прогресивних систем стандарту на основі цільових комплексних програм;
- визначення єдиної системи показників якості;
- розвиток уніфікацій і агрегування промислової продукції і машин;
- забезпечення єдності і достовірності вимірювань;
- встановлення єдиних систем документації (ЕСКД);
- встановлення єдиних вимог і позначень;
- встановлення норм, вимог і методів у забезпеченні проектування і виробництва продукції;
- забезпечення контролю продукції з використанням як лабораторних методів, так і стендових випробувань.

До складу ISO входить більше 80 національних організацій, що представляють усі континенти світу, які надають велику увагу якості продукції. У 1997 році ISO розробило серію Міжнародних стандартів, що дозволяють забезпечити і регулювати якість продукції, яка випускається, - це стандарти ISO 9000.

**Якість виробленої продукції (ЯВП)** - це сукупність властивостей і показників, що обумовлюють її здатність задовольняти певні потреби згідно з її функціональним призначенням і відповідати вимогам, установленим нормативно-технічною документацією (НТД) і обумовленим ринковим попитом.

**Конкурентоспроможність продукції** - це здатність продукції відповідати вимогам даного ринку, що склалися.

**Товар** - об'єкт купівлі-продажу. **Технічний рівень продукції** - це відносна характеристика якості продукції, що ґрунтується на зіставленні значення показників, які визначають технічну досконалість оцінюваної продукції, з відповідними базовими значеннями.

**Машина** - штучний механічний пристрій з узгоджено робочими частинами, що здійснюють певні доцільні рухи для перетворення енергії, матеріалу або інформації. **Вироби** - будь-який предмет або набір предметів, що підлягають виготовленню на підприємстві.

**Надійність** - це властивість виробу виконувати задані функції в перебігу необхідного терміну служби без поломок і позапланових ремонтів.

**Матеріаломісткість** - кількість матеріалу, що витрачається на виробництво одиниці продукції.

Вся різноманітність показників якості, що характеризують виріб як об'єкт виробництва і експлуатації, поділяється на три основні групи.





**Трудомісткість** - це кількість праці, що витрачається на виготовлення одиниці продукції. Розрізняють: загальну - сумарні витрати праці; відносну - відношення трудомісткості даного виробу до прийнятої для порівняння базової трудомісткості.

**Блочність** (збірність) виробу - це характеристика простоти монтажу (складання), яка обумовлена складовими частинами (модулями), що створюють даний виріб.

**Ергономіка** - характеризує виріб (машину) у системі «людина - машина» з урахуванням її пристосованості до антропологічних, фізіологічних, інженерно-психологічних властивостей людини, що виявляються у сфері експлуатації.

**Екологічні показники** визначають виріб з позиції дії на навколишнє середовище при зберіганні, транспортуванні та експлуатації.

**Патентна чистота** характеризує можливість безперешкодної реалізації виробу у країні і за кордоном. Для цього виріб не повинен містити технічних рішень, що потрапляє під дію патентів, свідоцтв на винахід, зареєстрованих у тій або іншій країні (інтелектуальної власності).

**Ремонтопридатність** - властивість виробу, що дозволяє попереджати, виявляти і усувати відмову або несправність шляхом проведення технічного обслуговування і ремонту.

**Довговічність** - властивість об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану (подальша експлуатація не доцільна) при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

### **3.10 Основні технології будівельного комплексу**

Будівельний комплекс можна розглядати як сукупність комплексів - галузей промисловості будівельних матеріалів і капітального будівництва. До будівельного комплексу належать також галузі, які його обслуговують.

Складові частини (підсистеми) будівельного комплексу надзвичайно відрізняються продукцією, умовами і знаряддями праці, зв'язками тощо. Рівень розвитку будівельного комплексу впливає на формування пропорцій і темпів розвитку галузей народного господарства, розміщення продуктивних сил і розвиток регіонів.

*Промисловість будівельних матеріалів* відзначається складністю галузевої структури. До її складу входять галузі видобувної промисловості (природний камінь і нерудні матеріали), переробної промисловості (збірний залізобетон, азбестоцементні вироби та ін.), змішані підгалузі, що поєднують видобуток і перероблення сировини та матеріалів. Цементна, вапняна, гіпсова, будівельної кераміки, будівельного скла, покрівельних, гідроізоляційних матеріалів - далеко неповний перелік цих галузей.

В Україні виробляють стінові матеріали (цеглу, шлакоблоки, залізобетонні конструкції, гіпсові), в'язучі матеріали (вапно, будівельний гіпс, цемент), покрівельні матеріали (черепицю, толь, шифер, руберойд), будівельне скло, опоряджувальні матеріали, ізоляційні, санітарно-технічні та інші.

Специфіку промисловості будівельних матеріалів визначає ще й така її особливість, як взаємозамінність її продукції. Ця комплексна галузь об'єднує кілька тисяч підприємств.

Україна має досить багату сировинну базу для розвитку промисловості будівельних матеріалів і будівництва.

*Капітальне будівництво* є однією з капіталомістких, диференційованих за рівнем елементів виробничих інфраструктур. Вона об'єднує підрядні будівельні, монтажні, спеціалізовані організації, а також такі організації, які виконують роботи господарським способом.

Розвиток будівельної індустрії залежить від обсягів і темпів розвитку ряду інших галузей - чорної металургії, машинобудування, енергетики, хімічної промисловості, деревообробної, промисловості будівельних матеріалів та ін. Через те міжгалузеві зв'язки капітального будівництва є складними.

Обслуговуючими галузями для будівельного комплексу є машинобудування (підприємства якого виробляють близько 2 тисяч різновидів машин, механізмів, устаткування), проектно-конструкторська та пошукова діяльність, науково-дослідна діяльність.

Основними напрямками розвитку будівельного комплексу є:

- 1) поліпшення структури використовуваних будівельних матеріалів;
- 2) збільшення випуску легких дерев'яних і металевих конструкцій, легких бетонів на пористих заповнювачах, матеріалів із пластмас;

- 3) використання відходів і побічних продуктів інших галузей, розв'язання екологічної проблеми;
- 4) ширше використання місцевих матеріалів;
- 5) збільшення випуску ефективних будівельних матеріалів (пустотної цегли, облицювальних матеріалів та ін.);
- 6) створення нових і вдосконалення існуючих технологічних процесів, які забезпечуватимуть випуск продукції з мінімальними витратами енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів;
- 7) ширше впровадження гнучких технологій;
- 8) збільшення випуску виробів повної заводської готовності.

У сучасному будівництві споживається щорічно близько 1/3 загального об'єму виробництва чорних металів, більше 80% цементу, близько 25% лісоматеріалів, близько 50% скла, азбесту, бітуму, більше 60% покрівельних матеріалів, труб. Здешевлення будівельних матеріалів, бережливе відношення до них при перевезенні і зберіганні, технічно обґрунтоване, економне їх споживання - важливий напрям ефективності будівництва.

Асортимент будівельних матеріалів сьогодні надзвичайно різноманітний.

Класифікують будівельні матеріали за такими ознаками:

- 1) *за походженням* матеріали поділяють на природні (глина, пісок, камінь) і штучні (цегла, залізобетон, вапно, цемент). Крім того, за ознакою будівельні матеріали поділяють на мінеральні і органічні;
- 2) *за способом одержання* матеріали поділяють на випалювальні - цегла, черепиця, безвипалювальні - бетон, залізобетон;
- 3) *за сировиною* є металеві, полімерні, деревні, скляні, кам'яні, глинобитні та інші;

4) *за призначенням* матеріали є стінові, в'язучі, тепло-гідроізоляційні, опоряджувальні, конструктивні, покрівельні, для влаштування підлог, для скління та інші.

Значення будівельних матеріалів у сучасному будівництві важко переоцінити. Від рівня їх виробництва залежать темпи і якість капітального будівництва.

Виробництво багатьох матеріалів сьогодні все ще відстає від потреб у будівництві. Не завжди відповідають вимогам властивості будівельних матеріалів. Через те і надалі потрібно шукати шляхи збільшення випуску і підвищення якості будівельних матеріалів. Одночасно потрібно знижувати собівартість їх виготовлення і питомі капітальні вкладення. Потрібно впроваджувати прогресивні технологічні процеси при одержанні найважливіших будівельних матеріалів (керамічних, мінеральних в'язучих, пористих легких бетонів, азбестоцементних листів).

### **3.11 Базові технології у хімічній промисловості. ТЕП і характеристика виробництв**

Хімічна промисловість України належить до числа таких прогресивних галузей, без яких неможливі організація і нормальне функціонування сучасного промислового та сільськогосподарського виробництва. На її підприємствах виробляється більше найменувань продукції.

Хімічний комплекс України є однією з найважливіших ланок продуктивних сил. На підприємствах хімічного комплексу виробляється продукція, яка замінює шкіру, метал, дерево, скло та ін. Значну частину продукції хімічного комплексу використовують підприємства інших галузей. Кислоти, луги, содові продукти, мінеральні добрива, смоли, пластмаси, каучуки, гума, волокна, спирти, фармацевтичні препарати, фарби, лаки, отрутохімікати - далеко не повний перелік видів продукції, одержуваної на підприємствах хімічної промисловості.

Хімічний комплекс України відзначається складною галузевою структурою. Він поділяється на хімічну промисловість (гірничохімічна промисловість, основна хімія, промисловість хімічних волокон і ниток, промисловість синтетичних смол і пластичних мас, лакофарбова промисловість, промисловість синтетичних барвників), хіміко-фармацевтичну промисловість, нафтохімічну промисловість (виробництво продуктів основного органічного синтезу, шинна, гумово-азбестова галузі промисловості), промисловість побутової хімії.

Хімічна промисловість досить матеріаломістка й енергомістка. Сировинна база її надзвичайно різноманітна - корисні копалини, сільськогосподарська сировина, вторинні продукти промислового перероблення, синтетичні хімічні матеріали, повітря, вода, енергія.

Україна має достатню сировинну базу для розвитку, хімічного комплексу: кам'яне і буре вугілля, нафту, газ, сірку, калійні солі, кам'яну сіль, каоліни, вогнетривкі глини, крейду, гіпс, вапняки, доломіти, графіт та ін.

Основу хімічної промисловості України становить виробництво мінеральних добрив і полімерних матеріалів. Найкраще хімічна промисловість розвинена у Донбасі, Придніпров'ї, Прикарпатті.

Технологічні процеси хімічних виробництв відзначаються різноманітністю. Це пояснюється тим, що хімічні методи виробництва дозволяють одержати різні продукти із одного вихідного матеріалу, а також використовувати різноманітну сировину для виробництва одного і того самого продукту.

Важливими перспективами подальшого розвитку, удосконалення хімічної промисловості є: впровадження прогресивних хімічних технологій, нової техніки; створення високоефективних малостадійних, маловідхідних, безвідхідних технологій; розширення асортименту хімічної продукції, підвищення її якості; збільшення виробництва су-

часних конструкційних пластмас; комплексне і економне витрачання сировини, енергії; ширше використання у виробництві відходів; розв'язання екологічних проблем.

### **3.12 Основні технології у машинобудуванні. Техніко-економічна оцінка ефективності технологічних процесів у виготовленні деталей машин і агрегатів**

Продукцією різних галузей МВК є машини, їх складові, інструменти.

Сучасна *машина* являє собою поєднання різних механізмів, вузлів і деталей з'єднаних між собою у певній закономірності. Машини можуть виконувати певну роботу (машини робочі) або перетворювати один вид енергії в інший чи в механічну роботу (машини-двигуни). У машині є рушійний механізм, передавальний і виконавчий.

До машин-двигунів належать двигуни внутрішнього згоряння, електродвигуни, реактивні двигуни, парові машини та ін. До робочих машин належать технологічні (преси, молоти, верстати та ін.), транспортні (автомобілі, локомотиви та ін.), транспортуючі (транспортери, ескалатори), вантажопідйомні (лебідки, крани, підйомники), кібернетичні, керуючі та інші машини.

*Деталь* - первинний неподільний елемент машини, який не має жодних з'єднань. Деталі є різні за розмірами, вагою, конфігурацією (болт, гайка, вал, станина верстата, поршень, колесо, опора та ін.). Існує класифікація деталей - корпусні, обертові, з'єднувальні, підтримуючі, вали і осі та ін. Деталь може бути кінцевим продуктом машинобудівного підприємства.

*Вузол* - з'єднані між собою деталі за допомогою різних і нерознімних з'єднань. Вузли можна складати незалежно від загального складання машин. Розбивка на вузли для кожної машини робиться індивідуально. Зовсім не обов'язково, щоб вузли були однаковими для різних ма-

шин. Лише деякі, що є стандартними (наприклад, підшипники).

*Механізм* - з'єднані між собою вузли і деталі. Механізми в машині виконують певні функції - передають рух, енергію на відстань, перетворюють один вид руху в інший. Наприклад, механічні передачі (пасові, зубчасті, ланцюгові, черв'ячні), кривошипно-шатунний механізм, кулачковий, кривошипно-кулісний та ін.

На машинобудівних підприємствах виготовляють також комплекси і комплекти.

*Комплексом* називають сукупність виробів, призначених для виконання взаємозв'язаних експлуатаційних функцій. З'єднання їх відбувається на місці експлуатації (завод-автомат, автоматична лінія тощо).

*Комплектом* називають сукупність виробів, що мають загальне експлуатаційне призначення (комплект запасних частин).

Розрізняють *три* основні *етапи* виготовлення будь-якої машини: виготовлення заготовок, обробка заготовок і перетворення їх до складання машин.

1 *Виготовлення заготовок*. Заготовки - це напівфабрикати, за формою і розмірами близькі до деталі. Але, щоб перетворити готові деталі, з їх поверхні потрібно зняти певний шар металу (припуск), надати їм розмірів, заданих на кресленні, одержати потрібну шорсткість поверхні. Заготовки одержують литтям, куванням, штампуванням, пресуванням, прокатуванням, зварюванням та іншими способами. Вибір способу виготовлення заготовок залежить від складності деталі, вимог до її якості, матеріалу, з якого вона виготовляється, а також його ефективності. Існують способи, при яких отримують заготовки, дуже близькі до готових деталей (наприклад, точне лиття). Такі заготовки вимагають лише незначної (чистої) обробки.

2 *Обробка заготовок* - це важливий етап у процесі виготовлення машин. Адже до деталей ставляться високі



вимоги щодо їх якості (точності розмірів і шорсткості поверхонь). Для обробки заготовок найчастіше застосовують механічну обробку різанням, обробку пластичним деформуванням, електрофізичні та електрохімічні способи обробки. Для надання деталям відповідних якісних характеристик їх часто піддають термічній і хіміко-термічній обробці, процесам захисту від корозії.

3 *Складання машин* - завершальний етап у виробництві машин. Для складання деталі з'єднують між собою. Для цього або вони мають потрібні місця з'єднань (різь), або їх з'єднують з використанням з'єднувальних елементів.

Крім цих основних етапів, на машинобудівному підприємстві при виготовленні машин виконують багато допоміжних процесів - виготовлення інструментів, оснащення (прес-форм, штампів та ін.) складування і транспортування заготовок і деталей тощо. Всі етапи, допоміжні процеси повинні бути сплановані і узгоджені між собою. Тільки тоді підприємство буде працювати ритмічно.

Основними техніко-економічними показниками машин є:

1) *продуктивність* машини - кількість продукції, виготовленої за одиницю часу. Для підвищення продуктивності потрібно максимально використати її технічні характеристики - потужність, надійність в роботі, системи управління та ін. Від продуктивності машини залежить продуктивність праці робітника, який її обслуговує;

2) *довговічність* машини - строк її служби. Визначається довговічність моральним і фізичним зносом;

3) *коефіцієнт корисної дії* - відношення корисної роботи до всієї витраченої. Можна виражати у процентах, ККД впливає на продуктивність машини, на її економічність;

4) *економічність* машини - кількість енергії, потужності роботи, витраченої машиною на одиницю виготовленої продукції;

5) *ступінь автоматизації* машини - відношення автоматизованих циклів роботи машини до загальної кількості робочих циклів. Від ступеня автоматизації залежать продуктивність машини, її економічність;

6) *надійність* машини - здатність машини зберігати протягом тривалого часу у відповідних границях значення експлуатаційних параметрів. Повинна мати місце надійність у роботі, надійність в обслуговуванні;

7) *технологічність конструкції* - відповідність конструкції машини вимогам економічної технології її виготовлення. Окремі елементи машини повинні мати такі форми і розміри, щоб одночасно задовольняти вимоги міцності, стійкості, надійності і низької собівартості;

8) *ремонтпридатність* машини - можливості до виявлення, попередження технічних несправностей, пошкоджень, їх своєчасного якісного усунення;

9) *собівартість* машини - сума усіх витрат на її виготовлення реалізацію. Для зниження собівартості потрібно при конструюванні машин передбачати їх найменшу матеріаломісткість, серійність випуску, технологічність конструкції та ін.

### **3.13 Нові матеріали і прогресивні технології зміцнення деталей машин. Нанотехнології у матеріалознавстві і машинобудуванні**

Нанотехнологія - високотехнологічна галузь, спрямована на вивчення і роботу з атомами і молекулами. Розробки у цій галузі ведуть до революційних успіхів у медицині, електроніці, машинобудуванні і створенні штучного інтелекту. Якщо 10 років тому одиниці людей уявляли собі, що таке нанотехнології, то через 5 років, за оцінками експертів, вся промисловість розвиватиметься, використовуючи технології роботи з атомами і молекулами.

За допомогою нанотехнології можна очищати нафту і перемогти багато вірусних захворювань, можна створити мікроскопічних роботів і продовжити людське життя, можна перемогти СНІД і контролювати екологічну обстановку на планеті, можна побудувати в мільйон раз швидші комп'ютери і освоїти Сонячну систему.

Нанотехнологія дозволить практично у всіх науках проводити в мільйони раз точніші вимірювання, вивчати різні процеси на атомно-молекулярному рівні і реєструвати їх щонайменші відхилення. Вдосконалені нано- і нейроелектронні комп'ютери вирішують безліч задач моделювання і обробки інформації. Вдосконалені космічні зонди і надшвидкі ракети допоможуть вивчити простори космосу, а наноманіпулятори і нейтронні мікроскопи - проникнути в глибини субатомних частинок. Ну і, звичайно ж, сама нанотехнологія має потребу у величезній кількості приладів та інструментів, які застарівають практично щодня.

Надміцні і легкі наноматеріали дозволять створювати величезні хмарочоси і принесуть в архітектуру раніше недоступні форми, які, будучи виготовленими із звичних матеріалів, просто б розвалилися. Нові технології очищення води і повітря забезпечать мешканців від несприятливої екологічної обстановки і терактів. Стіни будівель зможуть мати програмований колір і текстуру і навіть створювати ілюзію невидимості будівель або окремих поверхів. Вже сьогодні виробляються шибки з покриттями, що самоочищаються, – спочатку вони розкладають пил і бруд, використовуючи енергію сонячного світла, а потім дощ легко змиває її.

Використання фільтрів і мембран на основі наноматеріалів для очищення води і повітря, опріснення морської води, а також біосенсорів для швидкого визначення хімічних і екологічно чистих матеріалів, нові методи утилізації і перероблення відходів.

Багато хто покладає надії на нанотехнології у рішенні проблеми енергетичної кризи. Нанотехнології можуть підвищити ефективність сонячних батарей, допомогти в поліпшеному каталізі нафти, створити нові джерела зберігання енергії і поліпшити старі (акумулятори, батареї, паливні елементи). Завдяки нанотехнологіям вже зроблені сонячні батареї, товщина яких не перевищує товщини обгорткового паперу. Це покоління сонячних батарей відрізняється від аналогічних джерел живлення невимірно меншою вагою, більшою гнучкістю і довговічністю. Не забудемо і про паливні комірки. Експерименти щодо переходу на екологічно чисте водневе паливо в розвинених країнах проводяться вже сьогодні.

Далі продовжувати, мабуть, немає сенсу: читач вже здогадався, що перераховувати напрями застосування нанотехнології - все одно, що перераховувати напрями застосувань металу, комп'ютерів або електрики.

Величезними ефектами нанотехнології у гірничій промисловості будуть, по-перше, нові види ресурсів, які можна буде використовувати, а по-друге - здешевлення процесів їх видобутку і перероблення. Також можна буде перетворювати одні ресурси на інші. Перехід деревини в кам'яне вугілля у природних умовах займає мільйони років.

Однак найуразливішим застосуванням нанотехнології в добувній промисловості стане освоєння автоматичними фабриками ресурсів Місяця.

Грандіозні перспективи нанотехнології в архітектурі. Розвиток виробництва нанотрубок і нанокомпозитів зробить реальними багатоповерхові дороги і кілометрові хмарочоси. Матеріали, що самоочищаються, зроблять будь-яке місто чистішим, а тонкоплівкові сонячні батареї скоротять витрати на електроенергію. Електронний ніс почує щонайменші витoki газу, а оболонки трубопроводів, що самовідновлюються, звільнять місто від необхідності містити ти-

сячі працівників жеку. Ультрагідрофобні покриття каналізаційних труб зроблять їх надслизькими, перешкоджаючи засміченню. Біодеградовані пластмаси зроблять огидні звалища надбаням історії.

Дешеві, легкі і міцні наноматеріали з часом витіснять більшість металів і пластмас. Вуглецеві нанотрубки у сто разів міцніше сталі притому, що вдесятеро легше за неї і в тисячі разів електропровідніше. Toyota вже додає їх в бампери автомобілів, але масового застосування поки що немає. Це пов'язано з тим, що до цього часу нанотрубки одержують примітивними, малопродуктивними методами, що обумовлює їх дуже високу для повсякденного застосування ціну - \$50-100 за 1 грам. Однак в лабораторіях Концерну "Наноін-дустрія" створені зразки промислового устаткування, що виробляє високоякісні нанотрубки собівартістю на порядок менше.

У медицині нанотехнології забезпечать прискорення розроблення нових ліків, створення нанопрепаратів і способів доставки лікарських засобів до вогнища захворювання. Широкі перспективи відкриваються і у сфері медичної техніки (розроблення засобів діагностики, проведення безболісних операцій, створення штучних органів). З часом нанобіотехнології надаватимуть усі великі можливості для продовження людського життя і профілактики хвороб.

## 4 СПЛАВИ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ

### 4.1 Основні відомості про порошкову металургію

**Методи отримання порошків.** Методами порошкової металургії можна отримувати сплави з металів, що не розчиняються один в одному при розплавленні, а також сплави з тугоплавких металів і металів особливо високої чистоти. Порошковою металургією виготовляють як заготовки, так і різноманітні деталі точних розмірів. Порошкова металургія дозволяє отримувати пористі матеріали і деталі з них, а також деталі, що складаються з двох (біметали) або декількох шарів різних металів і сплавів. Методи порошкової металургії дозволяють отримувати матеріали і деталі, що мають високу жаростійкість, зносостійкість, твердість, із заданими стабільними магнітними властивостями, особливими фізико-хімічними, механічними і технологічними властивостями, які неможливо отримати методами лиття або обробкою тиском.

Процес виробництва деталей і виробів з порошкових матеріалів полягає у приготуванні металевого порошку, підготовці шихти, пресуванні і спіканні заготовок. **Металеві порошки отримують механічними і фізико-хімічними методами.**

**При механічних методах** порошки виробляють подрібненням твердих або розпилюванням рідких металів без зміни їх хімічного складу. Для подрібнення твердих крихких матеріалів застосовують кульові, вихрові і вібраційні вітряки. Подрібнення оброблюваного матеріалу проводять ударною і стиральною дією куль (сталевих або чавунних). Слід враховувати, що при отриманні металевих порошків механічними методами можливе їх забруднення.

Частинки порошку, одержаного в кульових млинах, мають вид неправильних многогранників розмірами 100-

1000 мкм. Помел у вихрових млинах більш інтенсивний, ніж у кульових. Шматки шихти захоплюються повітряними потоками і за рахунок взаємного зіткнення дробляться на частинки розміром від 50 до 200 мкм. Отримані частинки мають тарілчасту форму і зазублені краї.

Для отримання тонких порошків з крихких карбідів металів і оксидів застосовують вібраційні вітряки. Вібромлини - найбільш продуктивні, їх робота ґрунтується на високочастотній дії на подрібнюваний матеріал сталевих куль і циліндрів за рахунок здійснення барабаном вітряка кругових коливань високої частоти.

Для отримання порошків з олова, свинцю, алюмінію, міді, а також із заліза і сталі застосовують розпилювання струменя рідкого металу кінетичною енергією повітря, води, пари або інертних газів. Отримані частинки порошку мають розміри 50-350 мкм і форму, близьку до сферичної.

**При отриманні порошків фізико-хімічними** методами відбуваються зміни хімічного складу і властивостей вихідного матеріалу. Основними фізико-хімічними методами є хімічне відновлення металів з оксидів; електроліз розплавлених солей, карбонільний метод і метод гідрогенізації.

Хімічне відновлення оксидів металів здійснюють газоподібними або твердими відновниками. Як газоподібні відновники широко використовують природний, доменний і вуглекислий газ, а також водень. Металеву губку, що виходить при хімічному відновленні, піддають помелу. Серед фізико-хімічних методів отримання порошків цей метод найдешевший. Порошки чистих і рідкісних металів (танталу, цирконію та ін.) у вигляді дендритів величиною 1-100 мкм отримують електролізом розплавлених солей металів. Електроліз дозволяє отримувати чисті порошки із забрудненої сировини. Карбонільний метод дозволяє отри-

мувати порошки магнітного заліза, нікелю і кобальту у вигляді сфероїдів величиною 1-800 мкм.

Порошки, отримані фізико-хімічними методами, є найбільш тонкодисперсними і чистими. Залежно від розміру частинок порошки класифікують за гранулометричним складом на ультратонкі до 0,5 мкм, дуже тонкі 0,5-10 мкм, тонкі 10-40 мкм, середньої тонкості 40-150 мкм і великі 150-500 мкм.

Характеристиками основних технологічних властивостей порошоків є насипна маса, текучість, пресованість і спікливість.

**Насипна маса** – маса 1 см<sup>3</sup> вільно насипаного порошку в грамах.

**Текучість** – здатність порошку заповнювати форму. Вона характеризується швидкістю проходження порошку через отвір певного діаметру.

**Пресованість** – здатність порошку ущільнюватися під дією зовнішнього навантаження і характеризується міцністю зчеплення частинок порошку після пресування. На пресованість впливають пластичність матеріалу, розмір і форма частинок порошку. З введенням до складу порошоків поверхнево-активних речовин пресованість їх підвищується.

**Під спікливістю** розуміють міцність зчеплення частинок, що виникає в результаті термічної обробки пресованих заготовок.

**Приготування шихти.** Дозовані порції порошоків певного хімічного і гранулометричного складу та технологічних властивостей змішують в барабанах, млинах й інших пристроях. За необхідності особливо рівномірного перемішування шихти застосовують домішки спирту, бензину, гліцерину і дистильованої води. Іноді в процесі змішування вводять технологічні присадки різного призначення: пластифікатори, що полегшують пресування (парафін, стеарин, гліцерин та ін.), легкоплавкі присадки, леткі речови-



ни, що дозволяють отримати вироби із заданою пористістю.

**Формування заготовок і виробів.** Пресування порошків у холодному або гарячому стані здійснюють плющенням і іншими способами.

При холодному пресуванні у матрицю прес-форми засипають шихту і робочим пуансоном проводять пресування. Після зняття тиску виріб випресовують з матриці виштовхувальним пуансоном. У процесі пресування частинки порошку піддаються пружним і пластичним деформаціям, при цьому різко збільшується контакт між частинками порошку і зменшується пористість, що дає можливість отримати заготовку потрібної форми і достатньої міцності. Пресування виконують на гідравлічних або механічних (ексцентрикових, кривошипних) пресах. Тиск пресування становить 200-1000 МПа залежно від складу порошку і призначення виробу (рис.1).

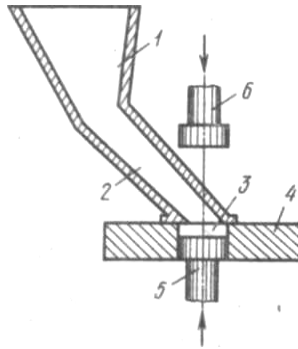


Рисунок 1 - Схема автоматичного формування

При гарячому пресуванні у прес-формі виріб не лише формується, але й піддається спіканню, що дозволяє отримувати безпористий матеріал з високими фізико-механіч-

ними властивостями. Гаряче пресування можна здійснювати у вакуумі, у захисній або відновній атмосфері, у широкому інтервалі температур (1200-1800°C) і при нижчому тиску, ніж холодне пресування. Прикладення тиску як правило, здійснюється після нагрівання порошків до необхідної температури. Цим методом отримують вироби з матеріалів, що важко деформуються (боридів, карбідів та ін.).

Плющення металевих порошків є безперервним процесом отримання виробів у вигляді стрічок, дроту, смуг шляхом деформації в холодному або гарячому стані. Спочатку порошок з бункера надходить у зазор між обтискними валками, що обертаються, і обтикається у заготовку, яка йде у прохідну піч для спікання, а потім плющиться у чистових валках. Об'єм порошку при плющенні зменшується у декілька разів. Плющенням можна отримувати одношарові і багатшарові вироби, стрічки завтовшки 0,025-3 мм і шириною до 300 мм, дріт діаметром від 0,25 мм та більше і т.д. Безперервність процесу забезпечує високу продуктивність і можливість автоматизації.

Для надання деталям і виробам необхідної міцності і твердості їх піддають спіканню. Операція спікання полягає у нагріванні і витримці виробів якийсь час у печі при температурах, що приблизно дорівнюють 0,6-0,8 температур плавлення основного компонента. Спікання проводять в електropечах опору індукційним нагріванням або за допомогою безпосереднього пропускання струму через виріб, що спікається. Для запобігання окисленню металевих порошків спікання проводять в аргоні, гелії, вакуумі або в середовищі водню. Щоб уникнути викривлення, тонкі і плоскі деталі спікають під тиском. Для надання виробам остаточної форми і точних розмірів готові вироби після спікання піддають обробним операціям: калібруванню, обробці різанням, хіміко-термічній обробці і розмірній обробці електрофізичними методами, повторному пресуванню.

**Калібрування** полягає в продавлюванні спеченого виробу через отвір відповідного перетину у прес-формі. У результаті калібрування відбуваються уточнення розмірів виробу, полірування його поверхні і деяке зниження пористості.

**Обробку різанням** виконують для отримання з пресованих заготовок деталей складних форм (волоки для волочиння, твердосплавні вставки і матриці штампів і т. д.) для нарізання зовнішніх і внутрішніх різей, для одержання невеликих за діаметром, але глибоких отворів.

**Хіміко-термічну обробку** (азотизація, хромування, ціанування і т. д.) виконують так само, як і для металів. Наявність пористості, а отже, і розвиненішої поверхні, сприяє більш активному здійсненню хіміко-термічних процесів.

**Електрофізичні методи** – електроіскрову і електроімпульсну обробку застосовують для одержання деталей складної форми. Сутність електроіскрової обробки полягає у використанні електроімпульсного іскрового розряду між двома електродами, один з яких є оброблюваною заготовкою (анод), а інший – інструментом (катод).

**Повторне пресування** використовують для виготовлення деталей складної форми. Повторним пресуванням забезпечуються задані розміри і необхідна форма заготовки, що має після першого пресування простішу форму і наближені розміри.

#### **4.2 Тверді сплави і мінералокераміка**

**Тверді сплави.** Тверді сплави виготовляють на основі тугоплавких карбідів, що мають високу твердість, міцність, зносостійкість, жаростійкість. Ці властивості зберігаються досить високими при нагріванні до 800-1000°C. За способом виробництва тверді сплави поділяють на литі й металокерамічні, отримувані спіканням порошків карбідів

вольфраму, титану і танталу з кобальтом. Останній вводять для надання сплавам в'язкості.

**Литі тверді сплави** виготовляють у вигляді спеціальних електродів (ГОСТ 10051), придатних для наплавлення (наварювання) на інструмент або деталі. Сплави В2К, В3К (**стеліти**), сормайт відносять до литих сплавів. **Стеліти** являють собою сплави на основі вольфраму, хрому і кобальту. Ці сплави наплавляють на робочу поверхню нових або зношених деталей та інструментів: штампів, ножів для різання металу, центрів токарних верстатів та ін. Наплавлення здійснюють за допомогою ацетиленокисневого полум'я або електричної дуги. Механічні властивості наплавленого шару будуть тим вищі, чим більша швидкість його охолодження, оскільки зерна виходитимуть дрібніші. Наплавлений шар термічній обробці не піддають. Деталі або інструмент, призначені для наплавлення, виготовляють з вуглецевої сталі, цим досягається економія дорогих легованих сталей. Наплавляти такі сплави можна як на сталеві, так і на чавунні деталі.

До литих твердих сплавів відносять також **сормайти** – високовуглецеві хромові сплави на залізохромовій основі. Вони є або заевтектичним високохромистим чавуном зі структурою первинних карбідів і евтектикою (сормайт № 1), або доевтектичний білий хромистий чавун зі структурою перліту і евтектики карбїду (сормайт № 2). Сормайти виготовляють у вигляді прутків діаметром 5-7 мм і застосовують для наплавлення чавунних і сталевих деталей та інструментів, що працюють при нормальних і високих температурах в умовах тертя - ковзання. Шар, наплавлений сормайтом № 1, має твердість HRC 48-50. Термічній обробці його не піддають. Шар, наплавлений сормайтом № 2, піддають відпалу при температурі 850-900°C з подальшим гартуванням у маслі і високим відпуском. Стійкість деталей та інструменту, покритих литими твердими спла-

вами, підвищується у 12 і більше разів. Зернисті (або порошкоподібні) тверді сплави виготовляють у вигляді порошку або крупи з розміром зерна 1-3 мм. До зернистих сплавів відносять сталініт, застосовують як замітник стелітів для підвищення зносостійкості деталей сільськогосподарських машин, бурових доліт і т.д. Сталініт містить 8% С, 13% Mn, 3% Si, 18% Cr та ін. Зернисті сплави використовують як наповнювач трубчастого електрода або у вигляді присадного порошку для наплавлення. Наплавлення проводять різними способами, найчастіше застосовують різні види зварювальної електродуги.

**Металокерамічні тверді сплави** є твердим розчином карбідів вольфраму (WC), титану (TiC), танталу (TaC) в металевому кобальті (Co). Вироби з металокерамічних сплавів випускають у вигляді пластинок для оснащення робочої частини металорізального інструменту (різців, свердел, фрез, розверток).

Металокерамічні тверді сплави (ГОСТ 3882) підрозділяють на три групи: вольфрамову, титановольфрамову, титанотанталовольфрамову.

Вольфрамові тверді сплави (наприклад, ВК3, ВК3М, ВК6, ВК8, ВК8В та ін.) застосовують при обробці крихких матеріалів: чавуну, бронзи, фарфору, скла. Сплавом ВК6М оснащують різальний інструмент для чистової і напівчистової обробки вибілених чавунів, жароміцних сталей, пластмас. Сплавом ВК8В оснащують інструмент для буріння, волочіння, чорнового точіння жароміцних і нержавіючих сталей. Літера У в кінці марки вказує, що сплав крупнозернистий, Літера М – дрібнозернистий.

Дрібнозернисті і крупнозернисті вольфрамові висококобальтові тверді сплави ВК20, ВК25, ВК30 і нові тверді сплави ВК15В, ВК20В і ВК25В, що мають високу міцність і ударну в'язкість, застосовують для виготовлення твердосплавних штампів, які працюють в умовах великих удар-

них навантажень. Стійкість твердосплавних штамів порівняно зі сталевими зростає у 30-50 разів, чим забезпечується значний економічний ефект.

Титановольфрамкові тверді сплави (Т5К10, Т15К6, Т30К4 та ін.) призначені для обробки в'язких матеріалів: сталі, латунь. Сплавом Т5К10, наприклад, оснащують різальний інструмент для чорнового точіння, а також чорнового і чистового стругання сталей по кірці і окаліні (включаючи сталеві поковки, штамповані заготовки і відливки).

Титанотанталовольфрамкові тверді сплави ТТ7К12 і ТТ10К8В використовують для чорнкової обробки сталевих поковок. Ці сплави мають вищу в'язкість, зносостійкість і міцність ( $\sigma_b = 1550$  МПа), ніж тверді титановольфрамкові і вольфрамкові сплави.

Маркування вольфрамів твердих сплавів означає, наприклад, для сплаву ВК8, що в ньому міститься приблизно 92% карбідів вольфраму і 8% кобальту. У титановольфрамівому сплаві Т30К4 міститься приблизно 30% карбідів титану, 4% кобальту й інше – карбіди вольфраму (66%). У титанотанталовольфрамівому сплаві ТТ7К12 сума вмісту карбідів танталу і карбідів титану становить приблизно 7%, кобальту - 12%, інше – карбіди вольфраму (81%). Аналогічно розшифровується і решта марок твердих сплавів.

Пластифіковані тверді сплави застосовують для виготовлення складних за формою інструментів (свердел, зенкерів, розверток і т. п.), а також інструментів невеликих розмірів, які важко оснастити пластинками з твердого сплаву. Пластифікованим твердим сплавом називають спресований порошок, що занурений у киплячий парафін при температурі 400°C і становить з ним після охолодження однорідну масу.

Виготовлений одним з цих методів інструмент піддають спіканню у спеціальних печах при температурі

1300°C. Після спікання інструмент, що має необхідну твердість, піддають чистовій обробці і заточуванню. Різальний інструмент, виготовлений з пластифікованого твердого сплаву, забезпечує вищу якість оброблених поверхонь виробу порівняно з інструментом, оснащеним пластинками твердого сплаву.

**Мінералокераміка** – це синтетичний матеріал, в основу якого встановлений технічний глинозем ( $Al_2O_3$ ). Широке застосування в цей час одержала мінералокераміка марки ЦМ-332-мікроліт. За твердістю (HRC 91-93), тепло- і зносостійкістю він перевершує тверді сплави. До недоліків мікроліта відносять низьку міцність і велику крихкість. Інструменти, оснащені пластинками мікроліта, не втрачають своєї твердості при нагріванні у процесі роботи до 1200°C.

**Технологія виготовлення пластинок мікроліта** така: звичайно підготовлений порошок формують, пресують, а потім спікають при температурі 1750-1900°C. Пластинки можна отримати також литтям під тиском. До державок інструментів пластинки кріплять шляхом припаювання або механічним кріпленням.

Експлуатаційні характеристики мінералокераміки покращують додаванням в неї вольфраму, молібдену, бору, титану, нікелю та ін. Такі матеріали називають керметами. Їх використовують при обробці різанням важкооброблюваних сталей і сплавів.

#### **4.3 Пориста і компактна металокераміка**

**Пориста металокераміка.** Металокераміку, що має залишкову пористість у межах 15-50%, відносять до пористої. До цієї групи входять антифрикційні матеріали, фільтри і «потіючі» матеріали.

**Антифрикційні** матеріали мають у своєму складі графіт або інші компоненти, що відіграють роль мастила. Пори заповнюються маслом. Випускають бронзографітові і

залізграфітові металокерамічні вироби. Антифрикційні матеріали використовують для виготовлення підшипників ковзання.

Фільтри виготовляють з порошків заліза, бронзи, нікелю, корозійностійкої сталі й інших матеріалів. Вони мають пористість не менше 40-50% Фільтри застосовують для очищення палива у двигунах автомобілів, тракторів і т. д., для очищення повітря та різних рідин.

**Металокерамічні** матеріали, призначені для охолодження за рахунок випаровування холодоагенту через пори, називають **потіючими матеріалами**. Їх виготовляють з порошків корозійностійкої сталі, нікелю, вольфраму, титана і т.д.

**Компактна металокераміка.** **Фрикційні** металокерамічні матеріали є складними за хімічним складом композиціями на основі міді або заліза. До складу фрикційних матеріалів входять компоненти, що надають матеріалу високі фрикційні властивості (азбест, кварцовий пісок, різні оксиди, тугоплавкі сполуки і т. д.). Фрикційні металокерамічні матеріали мають підвищену крихкість і низьку міцність. Тому вироби з них, як правило, складаються із сталевих основи з нанесеним на неї шаром фрикційної металокераміки. Ці матеріали застосовують у вузлах зчеплення і гальмування.

**Магнітні** металокерамічні матеріали отримують методами порошкової металургії. Це магнітно-м'які (ферити), магнітно-тверді матеріали (постійні магніти) і магнітодіелектрики.

Постійні магніти є металокерамічними сплавами складного хімічного складу на основі заліза, легованого алюмінієм, нікелем, міддю, кобальтом. Пресовані і спечені магніти піддають додатковій термічній обробці – гартуванню, гартуванню і відпуску та ін. Металокерамічні постійні магніти мають міцність, у 3-6 разів вищу, ніж литі магніти.



**Магнітодіелектрики** є композицією магнітних та ізоляційних матеріалів. Ізоляційні матеріали розділяють металеві частинки в магнітному й електричному відношенні і є механічною зв'язкою. Як ізоляційні матеріали застосовують фенолові смоли, поліхлорвініл, силікати, каучук і т.д. Вміст ізоляційного компонента в магнітодіелектриках становить 5-15%.

## **5 НЕМЕТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ**

До неметалічних матеріалів відносять пластмаси, деревину, клеї, гумові, лакофарбові, прокладні, ущільнювальні й ізоляційні матеріали. У машинобудуванні неметалічні матеріали широко застосовують для виготовлення з них різних виробів і як замітники металів та їх сплавів. Забезпечуючи необхідну механічну міцність і невелику щільність виробів, що виготовляються з них, неметалічні матеріали, крім того, надають їм хімічну стійкість, стійкість до дії розчинників, водо-, газо- і паронепроникність, високі ізоляційні властивості та інші цінні якості.

### **5.1 Загальні відомості про полімери і пластичні маси**

Полімери можуть перебувати в аморфному і кристалічному станах. Під час переходу полімеру з аморфного в кристалічний стан суттєво змінюються його фізико-механічні властивості, підвищуються міцність і теплостійкість. Під дією теплоти аморфні полімери переходять з твердого (склоподібного) стану у високоеластичний і в'язкотекучий стан (рис. 2). Теплостійкість полімерного матеріалу характеризується температурою склування  $t_c$ . Знання температур склування і текучості дозволяє обґрунтовано призначати температурні інтервали формування виробів з полімерів.

Лінійні і розгалужені полімери служать основою термопластичних пластмас (термопластів).

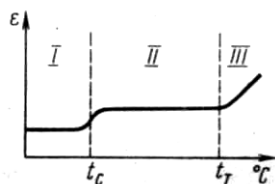


Рисунок 2 - Термомеханічна крива аморфного полімеру

**Полімери, здатні утворювати просторові структури, служать основою термореактивних пластмас (реактопластів).** Просторові структури утворюються з окремих лінійних ланцюгів полімерів у результаті виникнення поперечних зв'язків. При цьому полімер стає повністю неплавким і нерозчинним.

Полімери з часом можуть значно змінювати свої властивості і старіти. При цьому знижується механічна міцність, зменшується еластичність, підвищується крихкість. Старіння полімерів відбувається у результаті фізико-хімічних процесів, в основному **деструкції** – розриву хімічних зв'язків в головному ланцюзі макромолекул. Деструкцію полімерів спричиняють нагрівання, дія окислювальних реагентів, опромінювання і т.д.

Механічна деструкція відбувається під час стирання і розриву полімерних матеріалів. Термічна деструкція залежить від структури полімеру і приводить до його розпаду на початкові мономерні. Хімічна деструкція виникає під впливом кисню повітря і може швидшати під дією світла.

Для уповільнення процесу старіння у пластмаси додають різні **стабілізатори** – органічні речовини, які зменшують дію того або іншого фактора. Наприклад, аміни обері-

гають полімери від окиснення; сажа, поглинаючи світло, служить світлостабілізатором і т.д.

**Класифікація пластмас.** Залежно від виду зв'язків між молекулами полімерів та їх поведінки при підвищених температурах пластмаси поділяють **на термопластичні** (термопласти) і **терморективні** (реактопласти).

Термопласти отримують на основі полімерів, молекули яких зв'язані слабкими міжмолекулярними силами. Наявність таких міжмолекулярних зв'язків дозволяє полімеру багато разів розм'якшуватися при нагріванні і тверднути при охолодженні, не втрачаючи своїх первинних властивостей. До термопластів відносять поліетилен, капрон, поліаміди, полівінілхлорид, вініласти, фторопласти, органічне скло та ін.

Реактопласти одержують на основі полімерів, молекули яких разом з міжмолекулярними силами можуть зв'язуватися хімічно. Виникнення міцних хімічних зв'язків у полімерах відбувається при нагріванні або при введенні затверджуючих домішок – затверджувачів.

**Затверджувачами** називають речовини, які у кількості декількох відсотків вводять в реактопласти для сполучення полімерних молекул хімічними зв'язками. У результаті введення затверджувача утворюється просторова молекулярна сітка, а молекули затверджувача стають частинами цієї сітки. При виникненні хімічних зв'язків полімер перетворюється на жорстку неплавку і нерозчинну речовину. Прикладом реактопластів можуть бути епоксидні і поліефірні смоли, феноласти та інші полімери.

Іноді пластмаси поділяють на **пластики** і **еластики**. Перші називають жорсткими, вони мають незначне відносне подовження, другі – м'якими, вони мають велике відносне подовження і малу пружність.

За складом пластмаси поділяють на дві групи – **ненаповнені** і **наповнені** (композиційні).

**Ненаповнені пластмаси** – це полімери у чистому вигляді, наприклад поліетилен, поліамід, органічне скло та ін.

**Наповнені пластмаси** – це складні композиції, що містять, окрім полімеру, різні домішки. Домішки дозволяють змінювати властивості полімеру в потрібному напрямку. До домішок відносять наповнювачі, пластифікатори, стабілізатори, каталізатори, фарбники, затверджувачі і спеціальні домішки.

Наповнювачі зміцнюють матеріал, здешевлюють його і додають йому спеціальних властивостей, наприклад, підвищують теплостійкість, зменшують усадку і т.д. Як наповнювачі використовують органічні (деревне борошно, целюлоза, бавовняні очоси, бавовняна тканина, деревний шпон, папір і т. д.) і неорганічні (графіт, тальк, азбест, кварц, слюда, скловолокно, склотканина та ін.) речовини. У пластмасі може міститися до 70% наповнювачів.

**Пластифікатори** полегшують перероблення пластмас і роблять їх еластичнішими. Крім того, пластифікатори збільшують гнучкість, зменшують крихкість і покращують формованість пластмас. Пластифікатори зменшують міжмолекулярну взаємодію і добре поєднуються з полімерами. Як пластифікатори використовують ефіри, дибутилфталат, касторову олію та ін. Їх додають до пластмас у кількості 10-20%.

**Стабілізатори** – різні органічні речовини, які сприяють запобіганню старінню пластмас і зберіганню їх корисних характеристик.

**Затверджувачі** прискорюють процеси твердіння смол і одержання пластмас. **Каталізатори** – речовини (вапно, магnezія та ін.), що прискорюють твердіння пластмас. **Фарбники** – речовини (сурик, мумія, нігрозин та ін.), що надають пластмасам необхідного кольору. **Спеціальні домішки** – речовини, які служать для зміни або посилення якої-

небудь властивості. До них відносять мастильні речовини (стеарин, олеїнова кислота та ін.), які збільшують текучість, зменшують тертя між частинками композицій і усувають прилипання до прес-форм, речовини для зменшення статичних електричних зарядів, зменшення горючості, захисту від плісняви і т.д.

## **5.2 Термопластичні полімери і пластмаси**

**Поліетилен.** Він має ряд цінних властивостей: волого- і газонепроникний, не набухає у воді, еластичний в широкому інтервалі температур, стійкий до дії кислот і лугів, має дуже хороші діелектричні властивості.

Поліетилен випускають високого тиску (ВТ) і низького тиску (НТ), які розрізняються методом виготовлення і фізико-хімічними властивостями. Поліетилен ВТ має температуру плавлення 115°C, а поліетилен НТ – 120-135°C. Поліетилен низького тиску має більшу механічну міцність і жорсткість, ніж поліетилен високого тиску, і використовується для виготовлення труб, шлангів, листів, плівки, деталей високочастотних установок і радіоапаратури, різних ємностей. Литтям виготовляють вентилі, крани, золотники, зубчасті колеса, що працюють з малим навантаженням. Поліетилен високого тиску застосовують як пакувальний матеріал у вигляді плівки або у вигляді небиткого хімічного посуду.

Однак, унаслідок недостатньої міцності для виготовлення деталей машин, його застосовують обмежено. Основний недолік поліетилену – його невисока теплостійкість, вироби з нього рекомендується використовувати при температурі не вище 80°C. Поліетилен добре обробляється і переробляється усіма відомими способами: литтям під тиском, вакуум-формуванням, екструзією, механічною обробкою, зварюванням.

**Полівінілхлорид.** Пластифікований полівінілхлорид називають **пластиком**, неластифікований твердий листовий матеріал – **вініпластом**. Пластмаси на основі полівінілхлориду мають хороші діелектричні і механічні властивості. Однак вони мають невисоку термостійкість: до 60°C. Полівінілхлорид не стійкий до дії ароматичних і хлорованих вуглеводнів і концентрованої азотної кислоти.

Робоча температура вініпласта для навантажених деталей від 0 до 110°C. Вініпласт при знижених температурах стає крихким; при різких змінах температури жолобиться, а при нагріванні до 40-60°C знеміцнюється і втрачає жорсткість. Він не горить, але при температурі 120-140°C починає розм'якшуватися, що використовується для зварювання окремих листів між собою. У полум'ї обвуглюється; температура розкладання 160-200°C. Схильний до старіння під впливом атмосферних дій і хімічних реагентів, при цьому набуває підвищеної крихкості і зниженої міцності при розриві.

Вініпласт випускають головним чином у вигляді листів, труб, стрижнів, кутиків. Вироби з вініпласта виготовляють видавлюванням, штампуванням, гнуттям, механічною обробкою, зварюванням, склеюванням. Склеювання здійснюють перхлорвініловим клеєм. Гнуття, штампування, витяжку можна проводити при нагріванні (130°C).

З вініпласта виготовляють ємності у хімічному машинобудуванні, акумуляторні баки і сепаратори для акумуляторів, вентилялі, клапани, фітинги для трубопроводів, кришки, пробки, плитки для футерування електролізних і травильних ванн, деталі насосів і вентиляторів й інші вироби.

Вироби з вініпласта не повинні піддаватися поштовхам і ударам при низьких температурах, їх міцність залежить від величини і тривалості дії деформуючих зусиль. У всі композиції на основі полівінілхлориду вводять стабілізуювальні речовини для захисту від теплоти і світла.

**Пластикати** застосовують для ізоляції і оболонки проводів і кабелю, для виробництва медичних виробів, у будівельній промисловості. Пасти з полівінілхлориду з пластифікатором використовують для захисту металів від корозії.

**Поліаміди.** Вони відрізняються порівняно високою міцністю і низьким коефіцієнтом тертя.

Найбільшого поширення з поліамідів дістав капрон як відносно дешевий і найменш дефіцитний матеріал. Його зносостійкість у кілька разів вища, ніж сталі, чавуну і деяких кольорових металів. Найкращі антифрикційні властивості має **капрон** з домішкою 3-5% графіту. Унаслідок низької теплопровідності капрону (у 250-300 разів менша, ніж у металів) при конструюванні підшипників необхідно вживати заходів для забезпечення хорошого тепловідведення. Капрон відрізняється задовільною хімічною стійкістю, а також стійкістю до лугів і більшості розчинників (бензину, спирту та ін.).

Для виготовлення деталей з капрону й інших поліамідів найбільш широко використовують метод лиття під тиском. Капрон добре обробляється різанням, склеюється і зварюється. З нього виконують деталі антифрикційного призначення, підшипники, зубчасті колеса, кронштейни, рукоятки, кришки, корпуси, трубопровідну арматуру, прокладки, шайби і т.п.

**Полістирол.** Це безколірний прозорий матеріал, що має абсолютну водостійкість, високі електроізоляційні властивості, світлостійкість і твердість. Полістирол стійкий до плісняви, до лужних і кислих середовищ і розчиняється в ароматичних і хлорованих вуглеводнях. Його діелектричні властивості мало змінюються при зміні температури від -80 до +110°C. До недоліків полістиролу відносять його малу теплостійкість, крихкість і схильність до старіння і розтріскування. Для запобігання розтріскуванню в ма-

теріали полістиролів вводять пластифікатори або мінеральні наповнювачі. Переробляється полістирол методом лиття під тиском, екструзією і видуванням. Вироби з полістиролу можна піддавати будь-яким видам механічної обробки.

З полістиролу виготовляють антени, панелі, котушки, лабораторний посуд. З блочного полістиролу екструзією – видавлюванням можна отримувати трубки, стрижні, профільні вироби, плівки, стрічки і нитки різної товщини та ін. Трубки з полістиролів застосовують для ізоляції високочастотних проводів, виготовлення деталей апаратури радіолокації, ізоляторів. Цей полімер широко використовують для виготовлення побутових виробів; у техніці широко застосовуються сополімери стирулу.

**Фторопласти.** Ці полімери складаються переважно з вуглецю і фтору. Найбільш часто застосовуються у промисловості непрозорі для світла фторопласт-4 і фторопласт-3. Фторопласт-4 хімічно абсолютно стійкий. На нього діють лише розплави солей лужних металів і фтор при високих температурах. Коефіцієнт тертя фторопласту-4 у сім разів нижче за коефіцієнт тертя добре полірованої сталі, що сприяє використуванню його в машинобудуванні для деталей, що труться, без застосування мастила. Однак при незначних навантаженнях фторопласт-4 має холодотекучість, яка збільшується з підвищенням температури. Фторопласт-4 працює в інтервалі температур від  $-250$  до  $+260^{\circ}\text{C}$ . Фторопласт-4 не переробляється звичними методами для перероблення термопластів, оскільки не переходить у в'язко-текучий стан. Вироби з фторопласту-4 та його композицій отримують спіканням при температурі  $350-370^{\circ}\text{C}$  порошку, спресованого за формою деталі.

Фторопласт-3 при нагріванні до температури  $210^{\circ}\text{C}$  розм'якшується і плавиться, що дає можливість переробляти його методом лиття під тиском. Фторопласт-3 може



працювати в інтервалі температур від  $-80$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ; він хімічно стійкий, але набухає в органічних розчинниках; більш твердий і механічно міцний, ніж фторопласт-4, не має холодної текучості.

Фторопласти широко застосовуються для виготовлення ущільнювальних деталей – прокладок, набивань, що працюють в агресивних середовищах, деталей клапанів кисневих приладів, мембран, хімічно стійких деталей (труб, гнучких шлангів, кранів і т. д.), самозмащувальних вкладишів підшипників, реакторів, насосів, тари харчових продуктів, використовують у відновній хірургії. Фторопласти також застосовуються для захисту металу від дії агресивних середовищ. Покриття виробляється із суспензій або емульсій з подальшим спіканням.

**Поліметилметакрилат.** Це термопластичний матеріал (органічне скло), що має прозорість, твердість, стійкість до атмосферних дій, водостійкість, стійкість до багатьох мінеральних і органічних розчинників, високі електроізоляційні і антикорозійні властивості. Він випускається у вигляді прозорих листів і блоків.

Органічне скло вигідно відрізняється від мінерального скла низькою щільністю, пружністю, відсутністю крихкості аж до  $-50$   $-60^{\circ}\text{C}$ , вищою світлопрозорістю, легким формуванням в деталі складної форми, простотою механічної обробки, а також зварюваністю і склеюваністю. Однак порівняно з мінеральним склом органічне скло має нижчу поверхневу твердість. Тому поверхня органічного скла легко ушкоджується, і його оптичні властивості порушуються. Теплостійкість органічного скла нижча, ніж у мінерального; крім того, органічне скло легко спалахує.

Великі вироби сферичної форми виготовляють з розігрітих листів методом формування за допомогою вакууму. Дрібні вироби отримують штампуванням заготовок з нагрітого листа, витяжкою і видуванням гарячим повітрям.

Органічне скло розчиняється в дихлоретані. Розчин органічного скла в дихлоретані використовують як клей для сполучення органічного скла. Листи з органічного скла зварюють методом контактного зварювання при 140-150°C і тиску 0,5-1 МПа. Органічне скло застосовується для виготовлення санітарно-технічного устаткування, світильників, ліхтарів, деталей приладів управління.

**Полікарбонати.** Це термопластичні матеріали, що мають цінні властивості: високу поверхневу твердість, ударну міцність і теплостійкість. Вони водостійкі і стійкі до окислювальних середовищ при підвищених температурах. Полікарбонати абсолютно прозорі і можуть бути використані замість силікатного скла. Полікарбонати застосовують для виготовлення зубчастих коліс, втулок, клапанів, кулачків й інших подібних деталей. Полікарбонати переробляють у виробі усіма способами, вживаними для виготовлення виробів з термопластів.

**Пінопласт.** Це полімер, що відрізняється хімічною стійкістю і атмосферостійкістю. За водостійкістю пінопласт аналогічний до фторопластів, поліетилену і полістиролу. З пінопласту виготовляють хімічно стійкі труби, клапани, вентилі, сепараторні кільця, підшипники, деталі годинникових механізмів.

**Полііміди.** Це досить новий вид термопластичних пластмас, що має високу термостійкість (220-250°C), хороші електричні характеристики і великі значення механічних характеристик. Поліімідні пластмаси можуть використовуватися при температурах до -155°C.

Полііміди хімічно стійкі. Вони не розчиняються у більшості органічних розчинників, на них не діють розбавлені кислоти, мінеральні масла і вода. Руйнування поліімідів викликають концентровані кислоти, луги і перегріта водяна пара.

З поліімідів отримують електроізоляційні плівки ясно-жовтого або коричневого кольору. Поліімідні плівки випускаються товщиною від 5 до 100 мкм і більш.

На основі поліімідів виготовляють різні пластмасові вироби електроізоляційного і конструкційного призначення. Для цього використовують як чисті поліімідні, так і наповнені скловолокном й іншими термостійкими наповнювачами. Вироби з поліімідів виготовляють литтям і пресуванням при температурах 350-400°C.

### **5.3 Термореактивні полімери і пластмаси**

**Фенопласти.** Їх виготовляють на основі фенолоформальдегідних смол, вони широко розповсюджені завдяки простому і дешевому способу отримання сировини та її перероблення, а також можливості виготовлення з цих матеріалів складних виробів. Фенопласти відрізняються високою міцністю, теплостійкістю, стійкістю до кислот, лугів і органічних розчинників, а також наявністю діелектричних властивостей. З фенолоформальдегідних смол з домішкою наповнювачів виготовляють прес-порошки, волоконні і шаруваті пластики.

**Текстоліт.** Це шарувата пластмаса, де як наповнювач використовується бавовняна тканина, як зв'язуючий – фенолоформальдегідна смола.

Текстоліт має відносно високу механічну міцність, малу щільність, високі антифрикційні властивості, високу стійкість до вібраційних навантажень, зносостійкість і хороші діелектричні властивості. Теплостійкість текстоліту 120-125°C. Текстоліт широко застосовується як заміник кольорових металів для вкладишів підшипників прокатних станів у металургійній промисловості, як конструкційний матеріал в авіа- і машинобудуванні; для виготовлення шестерень в автомобілях й інших технічних виробках, до яких

ставляться високі механічні вимоги. Текстолітові шестерні на відміну від металевих працюють безшумно.

Електротехнічний текстоліт застосовують для виготовлення електроізоляційних виробів підвищеної міцності – ізолюючі ролики, пазові й ізолюючі клини в генераторах, різні ізолюючі деталі для роботи на повітрі і в трансформаторному маслі.

**Гетинакс.** Це шарувата пластмаса на основі фенолоформальдегідної смоли і листів паперу. Гетинакс випускають під марками А, Б, В, Г. Гетинакс марок А і В має підвищені електричні властивості, марок Б і Г – підвищену механічну міцність. Гетинакс випускають у вигляді листів завтовшки 0,5-50 мм, стрижнів діаметром до 25 мм і трубок різних діаметрів. Гетинакс застосовують головним чином як електроізоляційний матеріал. Випускають також декоративний гетинакс для обробних робіт. З гетинаксу готують фасонні вироби технічного і побутового призначення.

**Азботекстоліт** – шаруватий пластик на основі азбестової тканини, просоченої фенолоформальдегідною смолою, стійкий до різких коливань температури і вогкості, бензостійкий, відрізняється високими фрикційними, електроізоляційними і теплоізоляційними властивостями. З азботекстоліту виконують гальмові колодки і диски зчеплення.

## **6 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ З РОЗДІЛІВ**

Питання, на які студенти повинні дати відповіді у контрольній роботі, наведені у розділі 3.

Номери питань для індивідуальної контрольної роботи вказані у таблиці 1.1 залежно від останньої цифри номера залікової книжки і першої літери прізвища студента.

Наприклад: номер Вашої залікової книжки 10857, остання цифра 7, перша літера прізвища І (Іванов), отже номери завдань з розділів 1, 2, 3, 4, 5 будуть – 17, 42, 67, 92, 117.

### **Розділ 1 Технології добувної і металургійної промисловості**

1 Мінерально-сировинні ресурси України; видобуток і переробка. Опишіть основні закономірності процесу кристалізації. Вплив умов охолодження на процес формування зливка.

2 Які вимоги ставляться до залізорудної сировини і пального для технології виплавки сталі?

3 Наведіть основні техніко-економічні показники (ТЕП) роботи доменних печей і шляху їх підвищення.

4 У чому полягає сутність отримання сталі з чавуну? Які існують різновиди технологічних процесів отримання сталі? Дайте їх порівняльну характеристику.

5 Опишіть основні етапи технології виплавки сталі у сталеплавильних агрегатах.

6 Опишіть схему технологічного процесу виплавки сталі в дуговій електропечі. Наведіть схему печі і ТЕП, зазначте перспективи розвитку цього способу.

Таблиця 1.1 - Номери питань для контрольної роботи

Остання цифра номера залікової книжки	Початкова літера прізвища студента, номери розділів																								
	А – Д					Е – К					Л – П					Р – Ф					Х - Я				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1	26	51	76	101	11	36	61	86	111	21	46	71	96	121	6	31	56	81	106	16	41	66	91	116
2	2	27	52	77	102	12	37	62	87	112	22	47	72	97	122	7	32	57	82	107	17	42	67	92	117
3	3	28	53	78	103	13	38	63	88	113	23	48	73	98	123	8	33	58	83	108	18	43	68	93	118
4	4	29	54	79	104	14	39	64	89	114	24	49	74	99	124	9	34	59	84	109	19	44	69	94	119
5	5	30	55	80	105	15	40	65	90	115	25	50	75	100	125	10	35	60	85	110	20	45	70	95	120
6	6	31	56	81	106	16	41	66	91	116	1	26	51	76	101	11	36	61	86	111	21	46	71	96	121
7	7	32	57	82	107	17	42	67	92	117	2	27	52	77	102	12	37	62	87	112	22	47	72	97	122
8	8	33	58	83	108	18	43	68	93	118	3	28	53	78	103	13	38	63	88	113	23	48	73	98	123
9	9	34	59	84	109	19	44	69	94	119	4	29	54	79	104	14	39	64	89	114	24	49	74	99	124
0	10	35	60	85	110	20	45	70	95	120	5	30	55	80	105	15	40	65	90	115	25	50	75	100	125

Примітка. За погодженням з викладачем зміст питань може бути змінений на рівноцінні, з якими пов'язана виробнича діяльність студента

- 7 Металургійна промисловість України та її продукція.
- 8 Якими фізичними, хімічними, механічними, технологічними і експлуатаційними властивостями характеризуються метали?
- 9 Опишіть схему технологічного процесу виплавки сталі в кисневому конвертері. Які сталі одержують цим способом?
- 10 У чому відмітні особливості залізобуглецевих сплавів – сталі і чавуну? Відповідь пояснити діаграмою стану залізо – цементит.
- 11 Опишіть особливості технології отримання сталі в індукційних печах; перспективи розвитку даної технології.
- 12 Які способи розливання сталі, застосовуються в металургії? Поясніть сутність технологій кожної із схем, назовіть переваги і недоліки.
- 13 Опишіть особливості технології прямого відновлення заліза з руди; перспективи розвитку даної технології.
- 14 Які існують сучасні технології підвищення якості сталі? Опишіть сутність і наведіть схему однієї з них.
- 15 Опишіть схему технології отримання рафінованого алюмінію.
- 16 Опишіть схему технології пірометалургійного способу виробництва рафінованої міді.
- 17 Опишіть схему технологій отримання порошкових матеріалів методами високошвидкісної кристалізації.
- 18 Які існують сучасні технології ущільнення порошкових матеріалів; опишіть сутність і наведіть схему однієї з них.
- 19 Опишіть особливості технології спікання порошкових матеріалів.
- 20 Опишіть склад, властивості і технологію виготовлення порошкових сплавів. Назвіть галузь і ефективність їх застосування.

- 21 Паливо, що застосовується в металургії, класифікація і способи його переробки.
- 22 Характеристика, хімічний склад і класифікація чавунів.
- 23 Загальна характеристика паливно-енергетичного комплексу України.
- 24 Основні технології і устаткування для збагачення руд.
- 25 Основні технології рафінування кольорових сплавів.

## **Розділ 2**

### **Технології отримання заготовок у ливарному виробництві і основні методи механічної обробки**

- 26 Опишіть різновиди і властивості формувальних сумішей.
- 27 Опишіть технологічні ливарні властивості сплавів.
- 28 Сутність, особливості і схеми відцентрового лиття; назвіть переваги і недоліки.
- 29 Викладіть сутність технології лиття в оболонковій формі і наведіть пояснювальні ескізи.
- 30 Опишіть послідовність виробництва виливків у металевій формі /кокіль/.
- 31 Викладіть сутність технології лиття за моделями, що виплавляються, і наведіть пояснювальні ескізи.
- 32 Опишіть послідовність виготовлення ливарної форми одним з методів машинного формування.
- 33 Викладіть сутність і наведіть схему лиття під тиском. Назвіть галузь застосування цієї технології лиття.
- 34 Приведіть основні схеми механічної обробки виливків на токарних верстатах. Сутність процесу і його технологічні можливості.



- 35 Наведіть основні види браку виливків і дайте їм характеристики.
- 36 Назвіть основні методи виправлення браку виливків. Дайте характеристику.
- 37 Наведіть основні методи контролю якості виливків і наведіть пояснювальні схеми.
- 38 Викладіть сутність, особливості і схему технології електрошлакового лиття; вкажіть перспективи застосування даної технології.
- 39 Опишіть послідовність технології ручного формування; назвіть використовуваний інструмент.
- 40 Опишіть склад, призначення, приготування формувальних і стрижневих матеріалів.
- 41 Опишіть сутність технології обробки гільзи двигуна з чавуну СЧ20 хонінгування, використовуваний інструмент.
- 42 Наведіть характеристику модельного комплексу, призначеного для виготовлення ливарної форми з піщано-глинистих сумішей.
- 43 Опишіть особливості технологій отримання виливків з сірого і високоміцного чавуну, назвіть галузі застосування виливків.
- 44 Опишіть особливості технологій обробки виливків зубчатих коліс.
- 45 Опишіть особливості технологій отримання виливків з кольорових сплавів і галузь їх застосування.
- 46 Опишіть основні явища, що супроводжують процес лезової обробки виливків.
- 47 Очищення і обрубання виливків.
- 48 Термічна обробка виливків.
- 49 Механічні і ливарні властивості сплавів.
- 50 Обладнання для отримання ливарних сплавів.

**Розділ 3**  
**Технологія отримання заготовок обробкою**  
**металів тиском**

- 51 Опишіть фізико-механічну сутність обробки металів тиском.
- 52 Які нагрівальні пристрої застосовуються для нагріву металу при ОМТ.
- 53 Опишіть сутність і технологічні можливості процесу штампування на горизонтально-кувальних машинах.
- 54 Які дефекти можуть виникнути в заготівці при її нагріві перед ОМТ?
- 55 Які дефекти можуть виникнути в заготівці при її формоутворенні?
- 56 Викладіть сутність, переваги і недоліки індукційного і контактного електронагрівання заготовок.
- 57 Викладіть причини зносу різального інструменту при механічній обробці поковок.
- 58 Опишіть сутність і різновиди технологій прокатного виробництва.
- 59 Опишіть сутність і різновиди технологій пресування.
- 60 Опишіть сутність і різновиди гарячого об'ємного штампування.
- 61 Опишіть сутність технології волочіння, інструмент, обладнання і галузь застосування.
- 62 Опишіть сутність і різновиди технологій холодного об'ємного штампування.
- 63 Які процеси відбуваються в металі при його нагріванні після холодної деформації?
- 64 Поясніть відмінність між холодною і гарячою пластичною деформацією металів.
- 65 Поясніть, що таке відпал рекристалізації і коли він застосовується?

- 66 Наведіть схему і поясніть принцип роботи преса.
- 67 Викладіть сутність і основні операції технології листового штампування.
- 68 Опишіть сутність і технологічні можливості обробки поковок електроіскровою обробкою.
- 69 Прогресивні технології обробки металів тиском. Наведіть схеми і дайте коротку характеристику.
- 70 Продукція прокатного виробництва. Основні етапи отримання прокату простої форми.
- 71 Опишіть основні вимоги, що ставляться до інструментальних матеріалів при отриманні поковок.
- 72 Опишіть сутність і основні операції при отриманні поковок куванням.
- 73 Техніко-економічні показники (ТЕП) процесів ОМТ.

#### **Розділ 4**

##### **Технології отримання нерознімних з'єднань**

- 74 Які джерела зварювального струму застосовуються при дуговому зварюванні?
- 75 Опишіть дугове зварювання за методом Бенардоса Н.Н. і Славянова І.Г.
- 76 Опишіть будову зварного шва і структурні зміни у зоні термічного впливу.
- 77 Опишіть сутність технології дугового зварювання в середовищі аргону.
- 78 Опишіть сутність технології дугового зварювання в середовищі вуглекислого газу.
- 79 Опишіть сутність процесу зварювання під шаром флюсу, його різновиди і галузь застосування.
- 80 Опишіть технологію плазмового зварювання, його різновиди.

- 81 Опишіть сутність і технологію електрошлакового зварювання, особливості і застосування.
- 82 Опишіть сутність технології зварювання тертям, її переваги, недоліки і галузь застосування.
- 83 Опишіть сутність і різновиди контактного зварювання.
- 84 Опишіть сутність і різновиди технології зварювання закумуляованої енергії.
- 85 Яке обладнання і які гази застосовуються для газового зварювання?
- 86 Опишіть сутність технології зварювання електронним променем.
- 87 Опишіть сутність технології зварювання матеріалів лазерним променем і сферу застосування.
- 88 Опишіть сутність технології ультразвукового зварювання, переваги, недоліки і сферу застосування.
- 89 Опишіть сутність і сферу застосування дифузійного зварювання.
- 90 Опишіть сутність технології паяння металів, її особливості і сферу застосування.
- 91 Опишіть види дефектів зварних з'єднань і методи їх контролю.
- 92 Холодне зварювання. Сутність технології і сфера застосування.
- 93 Зварювання вибухом. Сутність технології і сфера застосування.
- 94 Зварюваність металів і сплавів.
- 95 Особливості технологій зварювання нержавіючих сталей.
- 96 Технології нанесення покриттів наплавленням.

## Розділ 5

### Технології термічної обробки заготовок і деталей машин

97 У результаті термічної обробки пружини повинні одержати високу пружність. Для її виготовлення вибрана сталь 60С2А. Розшифрувати склад, призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати мікроструктуру і властивості сталі після термічної обробки.

98 Для виготовлення ходових гвинтів пар ковзання вибрана сталь 30ХНМА. Назвати склад, призначити і обґрунтувати режим термічної і хіміко-термічної обробки, пояснивши вплив легування на всіх етапах обробки даної сталі. Описати мікроструктуру і властивості сталі в готовому виробі.

99 Для виготовлення шліцьових валів діаметром 70-100 мм вибрана сталь 40ХГТ. Розшифрувати марку сталі, призначити і обґрунтувати режим термічної обробки, пояснивши вплив легування на перетворення, що відбуваються на всіх етапах обробки. Описати мікроструктуру і властивості сталі після термічної обробки. Навести схему «сталевого кута» діаграми стану Fe-Fe<sub>3</sub>C і графік режиму термічної обробки.

100 Для виготовлення шпинделя опор кочення вибрана сталь 40ХФА. Розшифрувати марку сталі, призначити і обґрунтувати режим термічної і хіміко-термічної обробки, що забезпечує отримання поверхневої твердості HV 600, пояснивши вплив легування на перетворення, що відбуваються на всіх етапах обробки даної сталі. Описати мікроструктуру і властивості сталі після термічної обробки.

101 Для виготовлення відповідальних пружин застосовується сталь 60С2ХФА. Розшифрувати склад сталі. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваю-

ються на всіх етапах термічної обробки. Описати структуру і властивості деталі після термічної обробки.

102 Кулачки повинні мати мінімальну деформацію і високу зносостійкість (твердість поверхні HV 750-1000). Для їх виготовлення вибрана сталь 38ХМФА. Назвати склад і групу сталі за призначенням. Призначити і обґрунтувати режим зміцнюючої обробки, пояснивши вплив легування на перетворення, що відбуваються на всіх етапах обробки даної сталі. Описати мікроструктуру і властивості сталі після термічної і хіміко-термічної обробки.

103 У результаті термічної обробки важелі коробки передач повинні одержати підвищену міцність по всьому перетину (твердість HB 250-280). Для їх виготовлення вибрана сталь 30ХМ. Назвати склад сталі і визначити групу за призначенням. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки, пояснивши вплив легування на перетворення, що відбуваються на всіх етапах обробки даної сталі. Описати мікроструктуру і властивості сталі після термічної обробки.

104 Вибрати марку сталі для виготовлення ресор. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Пояснити суть перетворень, що відбуваються на всіх етапах обробки. Описати мікроструктуру і властивості ресор після обробки. Яким способом можна підвищити втомну міцність ресор?

105 У результаті термічної обробки шестерні повинні одержати твердий зносостійкий поверхневий шар при в'язкій серцевині. Для її виготовлення вибрана сталь 12ХНЗА. Вказати і Зазначити групу сталі за призначенням. Призначити і обґрунтувати режими термічної і хіміко-термічної обробки, пояснивши вплив легування на суть перетворень, що відбуваються. Описати мікроструктуру і властивості сталі після термічної обробки.

106 У результаті термічної обробки осі повинні одержати підвищену міцність по всьому перетину (твердість НВ 230-280). Для її виготовлення вибрана сталь 40 ХНР. Зазначити склад і визначити групу сталі за призначенням. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки, пояснивши вплив легування на перетворення, що відбуваються на всіх етапах обробки даної сталі. Описати мікроструктуру і властивості сталі після термічної обробки.

107 Пружини із сталі 70С3А після правильно виконаного гартування і подальшого відпуску мають твердість значно вищу, ніж це передбачається технічними умовами. Чим викликаний цей дефект і як його можна виправити? Описати мікроструктуру і властивості сталі, забезпечуючи високі пружні властивості пружин.

108 Копіри трикотажних машин повинні мати високу зносостійкість робочих поверхонь (твердість НРС 63-64). Вибрати марку сталі. Зазначити склад і визначити групу сталі за призначенням. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Пояснити вплив легування на перетворення, що відбуваються на всіх етапах обробки. Описати мікроструктуру і властивості сталі у готовому виробі.

109 Шатуни привода компресорних машин повинні мати підвищену міцність по всьому перетину (НВ 260-280). Для їх виготовлення вибрана сталь 40ХНМ. Зазначити склад і визначити групу сталі за призначенням. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки, що проводиться на всіх етапах обробки. Описати мікроструктуру і властивості сталі в готовому виробі.

110 Для виготовлення молотових штампів вибрана сталь 5ХГМ. Розшифрувати марку сталі. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на всіх етапах термічної обробки. Зазначити структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

111 Для виготовлення вимірювальних плиток високого класу точності вибрана сталь 120X. Розшифрувати марку сталі. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на всіх етапах термічної обробки. Зазначити структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

112 Для виготовлення фрез вибрана сталь P9Ф5. Розшифрувати марку сталі. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на всіх етапах термічної обробки. Зазначити структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

113 Для виготовлення матриць штампів холодного штампування вибрана сталь X12Ф. Розшифрувати марку сталі. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на всіх етапах термічної обробки. Зазначити структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

114 Вибрати леговану сталь для виготовлення зубил. Розшифрувати її склад. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

115 Для виготовлення свердел вибрана сталь ХВ5. Розшифрувати її склад. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на всіх етапах термічної обробки. Описати структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

116 Для виготовлення різенакатувальних роликів вибрана сталь 6ХВ2С. Розшифрувати її склад. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на



всіх етапах термічної обробки. Описати структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

117 Для виготовлення мітчиків вибрана сталь 9ХС. Розшифрувати її склад. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на всіх етапах термічної обробки. Описати структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

118 Вибрати леговану сталь для виготовлення вирубного штампа листового штампування. Розшифрувати марку вибраної сталі. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

119 Накатні ролики виготовлені із сталі Р9Ф5. Розшифрувати марку сталі. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на всіх етапах термічної обробки. Описати структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

120 Напилки виготовлені із сталі У10. Розшифрувати марку сталі. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на всіх етапах термічної обробки. Описати структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

121 Протяжки виготовлені із сталі Р6М5. Розшифрувати марку сталі. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки. Описати вплив легуючих елементів на перетворення, що відбуваються на всіх етапах термічної обробки. Описати структуру і властивості інструменту після термічної обробки.

**7 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ  
РОБОТИ**

**Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Кафедра «Прикладне матеріалознавство і ТКМ»**

**КОНТРОЛЬНА РОБОТА  
з дисципліни «Система технологій»  
спеціальність – 7.050201  
«Технологічні процеси формоутворення  
і обробки заготовок в машинобудуванні»**

<b>Виконав студент</b>	<b>Іванов І.І.</b>
<b>Номер залікової книжки</b>	<b>xxxxx</b>
	<b>група xxxxxx</b>
<b>Перевірив</b>	<b>доц. Петров П.П.</b>

**Суми – 2008**

## ЗМІСТ

Найменування завдання	С.
1 Технології добувної і металургійної промисловості.....	
2 Технології отримання заготовок у ливарному виробництві.....	
3 Технології отримання заготовок обробкою металів тиском.....	
4 Технології отримання нерознімних з'єднань.....	
5 Технології термічної обробки заготовок і деталей машин.....	
Список літератури.....	

## 1 Технології добувної і металургійної промисловості

**Завдання.** У чому відмітні особливості залізовуглецевих сплавів – сталі і чавуну? Відповідь пояснити діаграмою стану залізо – цементит.

**Відповідь.** Залежно від концентрації вуглецю залізовуглецеві сплави поділяються на сталі і чавуни.

Сталь – сплав заліза з вуглецем при його вмісті до 2,14% і домішками. Чавун – сплав заліза з вуглецем при його вмісті від 2,14% до 6,67% і домішками. Діаграма стану подана на рис.1.1.

Основні властивості сталі визначаються вмістом її головної домішки – вуглецю. Взаємодія вуглецю з  $\alpha$ - або  $\gamma$ -модифікаціями заліза призводить до утворення залізовуглецевих сплавів, різних за будовою і властивостями. Побудова діаграми стану залізо-цементит ( $Fe - Fe_3C$ ) дає уявлення про температурні і концентраційні межі існування цих сплавів. У цементиті міститься 6,67% С. Сплави з вищим вмістом вуглецю не застосовують.

Лінія ACD є лінією ліквідусу, вище якої сплав знаходиться у рідкому стані.

Лінія AECF – лінією солідусу, нижче якої сплав знаходиться у твердому стані. При температурах, що відповідають цій лінії, закінчується первинна кристалізація.

У точці С при 4,3% С лінія ліквідусу стикається з лінією солідусу, і кристалізація сплаву відбувається при постійній температурі 1145°C.

Лінія PSK – евтектоїдна лінія, на якій закінчується процес вторинної кристалізації. Лінія нижніх критичних точок – лінія  $A_3$ .

Лінія GSE – початок процесу вторинної кристалізації з твердого розчину.

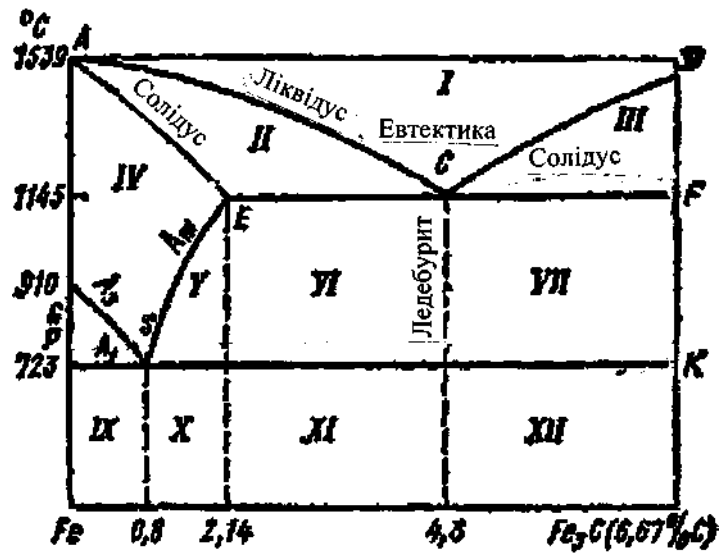


Рисунок 1.1 - Діаграма залізо-цементит:

- I – рідкий сплав; II – рідина + аустеніт;
- III – рідина + цементит; IV – аустеніт;
- V – аустеніт + вторинний цементит;
- VI – вторинний цементит + ледебурит + аустеніт;
- VII – первинний цементит + ледебурит;
- VIII – ферит + перліт; IX – ферит + перліт;
- X – перліт + вторинний цементит;
- XI – перліт + вторинний цементит + ледебурит;
- XII – ледебурит + вторинний цементит

Лінія GS – лінія верхніх кристалічних точок Ам; вона показує температуру початку виділення фериту з аустеніту.

Лінія SE – лінія верхніх критичних точок Ам; вона показує температуру початку виділення вторинного цементиту і є лінією граничної розчинності вуглецю в аустеніті.

Сплави, що містять до 2,14% С, умовно називають сталями, понад 2,14% С - чавунами.

Сталь, що містить 0,8%С, називається евтектоїдною сталлю; сталь, що містить 0,02 - 0,8% З, - доевтектоїдною сталлю і містить ферит і перліт.

Сталі, що містять більше 0,8%С, належать до заевтектоїдних сталей і містять перліт і цементит.

При вмісті у залізвуглецевому сплаві 1,5% Si або при дуже повільному його охолодженні замість цементиту може виділитися графіт.

Діаграма стану залізо-графіт на рис. 1.1 нанесена штриховими лініями.

Чавун, що містить 4,3% З, називають евтектичним, менше 4,3% З - доевтектичним і більше 4,3% З - заевтектичним.

Чавуни без вільного графіту тільки з ледебуритом називають білими, у зламі вони мають білий колір; чавуни з ледебуритом і графітом — половинчастими.

Чавуни, в яких весь вуглець або його велика частина знаходиться у вигляді графіту, а у вигляді цементиту міститься не більше 0,8%С, називаються сірими і мають у зламі сірий колір.

З діаграми стану видно, що принципова відмінність сталі від чавуну - це відсутність для сплавів, що містять до 2,14% вуглецю, лінії утворення легкоплавких сплавів – евтектичних (лінія ECF), які мають низьку температуру плавлення  $t_{пл} = 1147^{\circ}\text{C}$ . Але евтектика є крихкою структурною складовою.

Сталі є сплавами з високою пластичністю і для них можна використовувати метод формоутворення заготовок – обробку тиском (кування, штампування, плющення), а для чавуну ці методи не можна використовувати. Сталі більш схильні до ліквідації на відміну від чавуну.

## 2 Технології отримання заготовок у ливарному виробництві

**Завдання.** Наведіть основні види браку відливоків і дайте їм характеристики.

**Відповідь.** Після очищення виливків їх ретельно контролюють з метою виявлення дефектів.

Бракованим, непридатним до експлуатації, називають такий відливок, який має хоча б один непоправний і неприпустимий за технічних умов дефект.

Дефекти лиття класифіковані ГОСТом; їх 22 види: затоки, викривлення, корольки, нарости, недолив, вибілювання, пригар, газові і шлакові раковини, рихлість або пористість, спаї, гарячі і холодні тріщини, ужимини, невідповідність металу стандартам і технічним умовам за хімічним складом, мікроструктурою і фізико-механічними властивостями, невідповідність маси відливоків стандартам, механічні uszkodження та ін.

Брак може бути спричинений недотриманням технології, помилками при конструюванні деталей і при проектуванні технологічного процесу виготовлення відливоків.

**Жолобленням** називається зміна розмірів і контурів відливоків під впливом усадкових напружень. Причинами цього виду браку можуть бути нераціональність конструкції відливоків (наприклад, різностінність), що призводить до утворення внутрішніх напружень; неправильне підведення металу, що погіршує рівномірність його охолодження; неправильний склад або температура металу, який заливається, що викликають надмірну усадку; неправильний режим охолодження відливоків і недостатня податливість форми і стрижнів.

**Газовими раковинами** називаються пустоти, розміщені на поверхні або усередині відливоків. Форма раковини сферична або закруглена, поверхня гладка блискуча. Раковини можуть бути одиночними або розміщеними гніздами різного об'єму. У більшості випадків раковини виявляють при механічній обробці. Газові раковини з'являються у то-

му випадку, коли в металі великий вміст газів внаслідок поганої якості вихідних матеріалів, неправильного режиму плавлення або неправильно проведеного модифікованого металу.

Піщаними раковинами називаються закриті або відкриті раковини, повністю або частково заповнені формувальним матеріалом.

Причини цього браку такі:

- місцеве руйнування і засмічення форм при складанні;
- недостатня міцність формувальної і стрижневої сумішей або фарб; застосування несправних моделей, що призводить до обсіпання формувальної суміші;
- неправильне кріплення відокремлених частин моделей;
- недостатнє кріплення виступальних частин форми;
- слабе або нерівномірне набивання форми і стрижнів;
- невідповідність розмірів знака стрижнів і форми, що призводить до обтиску форми та її засмічення при складанні;
- неправильне підведення ливникової системи, що призводить до розмиву форми або стрижня, обвал форми при установленні вантажу;
- нетехнологічність конструкції відливків, тобто наявність в ній поглиблень, які утворюють тонкі неміцні виступи і гострі кути у формі;
- недостатня величина галтелі, а також відсутність або недостатність ливарного схилу у відливку.

**Усадковими раковинами** називаються відкриті або закриті порожнечі в тілі відливання, що мають шорстку поверхню з грубокристалічною будовою.

**Рихлістю, або пористістю,** називається великозерниста і нещільна будова сплаву з наявністю міжкристалічних порожнечок більшої або меншої величини.

Причинами браку по усадкових раковинах і крихкості можуть бути:

- неправильна конструкція відливків, що не забезпечує рівномірного її охолодження (є місцеві скупчення металу);



- недостатнє живлення відливків рідким металом у процесі затвердіння через неправильне розміщення прибутків, випорів і ливників;

- неправильні розміри і установка холодильників (металевих вкладишів);

- підвищений вміст елементів, що збільшують усадку; надмірно висока температура заливання.

**Шлаковими раковинами** називаються відкриті або закриті порожнини, повністю або частково заповнені шлаком.

Причина такого браку:

- окиснена і забруднена шихта і забруднені флюси;

- нестійкі вогнетриви, що сприяють рясному виділенню шлаків;

- низька температура металу і низька його рідкоплинність, що перешкоджають відділенню шлаку від металу у ковші і ливниковій системі;

- неправильна ливникова система, що не відокремлює шлаку;

- руйнування фільтрувальної сітки внаслідок неміцності стрижневої суміші або недостатнього сушіння;

- нераціональний пристрій ковшів, що дає погане відділення шлаку;

- недбале очищення металу від шлаку у ковші перед заливом і недбале (з пропуском шлаку) заливання металу у форми;

- нерозкиснювальний метал.

**Тріщинами гарячими і холодними** називають крізні і некрізні розриви або надриви у стінках виливків. Поверхня зламу в гарячих тріщинах, оскільки вони з'являються при високих температурах, завжди окиснена; у холодних тріщинах поверхня зламу досконало чиста або покрита легким кольором мінливості. Тріщини виявляються постукуванням, гідропробобю і способом магнітної дефектоскопії.

Причинами появи гарячих і холодних тріщин можуть бути:

- неправильна конструкція відливків з різким переходом від товстих до тонких перетинів;
- гострі внутрішні кути у відливках;
- опір форм і стрижнів нормальній усадці металу через надмірну щільність набивання;
- неправильно підготовлений склад формувальної і стрижневої сумішей і мала податливість їх;
- неправильне розміщення ребер опок або каркасів у стрижнях, що перешкоджає усадці відливків;
- неправильний хімічний склад, тобто підвищений вміст елементів, що збільшують усадку або зменшують межу міцності при високих температурах;
- неправильний режим заливання і термічної обробки;
- заливання занадто гарячим металом і неправильне підведення металу, що погіршує рівномірне охолодження окремих частин відливків;
- удари при відбитті ливників або при транспортуванні виливків, що мають великі внутрішні напруження.

**Недолив і спай.** Недолив характеризується тим, що при заливанні деякі частини відливків залишаються незаповненими. Спай - крізний або поверхневий із закругленими краями потік передчасно застиглому металу.

Причинами такого браку є:

- недостатня кількість металу у ковші;
- низька температура сплаву при заливанні і недостатня рідкоплинність його;
- витік металу з форми внаслідок нещільного складання;
- недостатня вентиляція форми і стрижня, що спричиняє підвищений тиск газів у формі;
- недостатній перетин ливникової системи;
- нераціональна конструкція відливків через наявність занадто тонких стінок.

### 3 Технології отримання заготовок обробкою металів тиском

**Завдання.** Опишіть суть і різновиди гарячого об'ємного штампування.

**Відповідь.** Гаряче об'ємне штампування - це вид обробки металів тиском, при якому формоутворення поковки з нагрітої заготовки здійснюють за допомогою спеціального інструмента - штампа. Перебіг металу обмежується поверхнями порожнин (а також виступів), виготовлених в окремих частинах штампа, так що у кінцевий момент штампування вони утворюють єдину замкнуту порожнину (струмок) за конфігурацією поковки.

Як заготовки для гарячого штампування в переважній більшості випадків застосовують прокат круглого, квадратного, прямокутного профілів, а також періодичний. При цьому прутки розрізають на окремі (мірні) заготовки, хоча інколи штамнують і від прутка з подальшим відділенням поковки безпосередньо на штампувальній машині. Мірні заготовки відрізають від прутка різними способами: на кривошипних прес-ножицях, механічними пилами, газовим різанням і т.д.

Гарячим об'ємним штампуванням виготовляють заготовки для відповідальних деталей автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин, літаків, залізничних вагонів, верстатів і т.д. Наявність великої різноманітності форм і розмірів штампованих поковок, а також сплавів, з яких їх штамнують, обумовлює існування різних способів штампування.

Тому що характер перебігу металу у процесі штампування визначається типом штампа, то цю ознаку можна визнати за основну для класифікації способів штампу-

вання. Залежно від типу штампа виділяють штампування у відкритих штампах і в закритих.

Штампування у відкритих штампах (рис.3.1 а) характеризується змінним зазором між рухомою і нерухою частинами штампа. У цей зазор витікає облой, який закриває вихід з порожнини штампа і змушує метал цілком заповнити всю порожнину. У кінцевий момент деформації в облой вичавлюються надлишки металу, що знаходяться у порожнині, що дозволяє не ставити особливо високих вимог до точності заготовок за масою. Облой потім обрізається у спеціальних штампах. Штампуванням у відкритих штампах одержують поковки усіх типів.

Штампування у закритих штампах (рис.3.1 б, в) характеризується тим, що порожнина штампа у процесі деформації залишається закритою. Зазор між рухомою і нерухою частинами штампа при цьому постійний і невеликий, так що утворення облою в ньому не передбачається. Пристрій таких штампів залежить від типу машини, на якій штампують. Наприклад, нижня половина штампа може мати порожнину, а верхня - виступ (на пресах) або навпаки (на молотах). Закритий штамп може мати не одну, а дві взаємно перпендикулярні площини рознімання, тобто складатися з трьох частин (рис.3.1 в). При штампуванні у закритих штампах необхідно точно дотримуватися рівності об'ємів заготовки і поковки, інакше при недоліку металу не заповнюються кути порожнини штампа, а при надлишку розмір поковки по висоті буде більше потрібного. Отже, у цьому випадку процес отримання заготовки ускладнюється, оскільки відрізання заготовок повинне супроводжуватися високою точністю. Як правило, штампуванням у закритих штампах одержують поковки.

Суттєвою перевагою штампування у закритих штампах є зменшення витрати металу, оскільки немає відходу в облой. Поковки, одержані у закритих штампах, мають сприятливішу макроструктуру, тому що волокна обтікають контур поковки, а не перерізаються в місці виходу металу в облой.

При штампуванні у закритих штампах метал деформується в умовах всебічного нерівномірного стискування при великих стискаючих напруженнях, на відміну від штампування у відкритих штампах. Це дозволяє одержувати великі ступені деформації і штампувати малопластичні сплави.

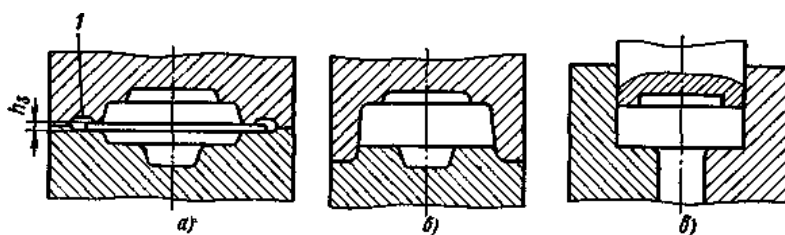


Рисунок 3.1 - Схеми штампування у відкритих і закритих штампах: 1- облойна канавка

#### 4 Технології отримання нерознімних з'єднань

**Завдання.** Опишіть суть і технологію електрошлакового зварювання, особливості і застосування.

**Відповідь.** У розплавленому електропровідному флюсі (шлаку) за рахунок пропускання через нього струму виділяється тепло. Шлакова ванна укладена між зварюваними деталями і пристроєм для примусового формування шва (кокілем, підкладкою або повзуном). Знизу ванна обмежена безпосередньо зварним швом. Струм до флюсу-шлаку підводиться через електрод (один або декілька), який є одно-

часно присадним металом. Другий полюс джерела живлення підводиться безпосередньо до виробу. За рахунок тепла виділяється в шлаку, оплавляються кромки зварюваного виробу і електродного дроту, рідкий метал осідає і відбувається формування зварного шва. Формуючий пристрій охолоджує вільну поверхню ванни і одночасно утримує шлак від протікання.

Типи з'єднань, які можуть бути виконані електрошлаковим зварюванням, різноманітні: стикові (однакової товщини, різної товщини, кільцеві стики), таврові і кутові. Як присадний матеріал застосовують дріт. Вміст електродного металу у шві при цьому способі зварювання становить близько 60%. Крім дроту діаметром 2,5-3 мм, застосовують пластини завтовшки 8-12 мм і шириною 80-150 мм. Для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей рекомендуються флюси спеціальних марок.

Технологія електрошлакового зварювання полягає у виконанні таких операцій:

- підготовки до зварювання;
- складання конструкції;
- зварювання і контролю зварного з'єднання.

Оскільки зварювання проводиться без скосу кромки і останні не вимагають спеціальної механічної обробки і хімічного очищення, то підготовча операція зводиться до приварювання початкових і кінцевих планок. При складанні необхідно витримувати належний зазор між деталями. Це досягається поставленням спеціальних скоб або застосуванням інших технологічних прийомів, при цьому повинні враховуватися деформації, що спричиняються нерівномірним нагрівом. Зазор вибирають у межах 20-35 мм. Із зменшенням зазору зростає глибина ванни, зменшується проплавлення і зростає продуктивність зварювання.

Установка для електрошлакової зварювання складається із зварювального апарата, що служить для подачі електро-

дногo дроту або стрічки у зварювальну ванну. Апарат переміщається по рейках або безпосередньо по виробу. Інколи він нерухомий, а переміщається (або обертається) виріб. У комплект установки входять також джерело живлення і допоміжне устаткування.

Інститутом електрозварювання ім. Патона розроблені конструкції зварювальних апаратів для задоволення різноманітних вимог виробництва: для зварювання прямолінійних швів, для зварювання валів гідротурбін та ін.

Схема процесу електрошлакового зварювання показана на рис.4.1. Процес починається з утворення шлакової ванни 3 в просторі між кромками основного металу 6 і пристосуваннями (повзунами) 7, охолоджуваними водою, що подається по трубах 1, шляхом розплавлення флюсу електричною дугою, порушеною між зварювальним дротом і ввідною планкою 9. Після накопичення певної кількості рідкого шлаку дуга шунтується шлаком і гасне, а подача дроту 4 і підведення струму тривають. При проходженні струму через розплавлений шлак, що є електропровідним електролітом, в ньому виділяється певна кількість теплоти, достатньої для підтримки високої температури шлаку і розплавлення кромки основного металу і електродного дроту. Дріт вводиться в зазор, подається у шлакову ванну за допомогою мундштука 5 і служить для підведення струму і поповнення зварювальної ванни 2 розплавленим металом. Як правило, електрошлакове зварювання виконують при вертикальному положенні зварюваних деталей. У міру заповнення зазору між ними мундштук для подачі дроту і формувальні повзуни пересуваються у вертикальному напрямі, залишаючи після себе затверділий зварний шов 8. У початковій і кінцевій ділянках шва утворюються дефекти.

На початку шва - непровар кромки, у кінці шва - усадкова раковина і неметалічні включення. Тому зварювання

починають на ввідній 9, а закінчують на вихідній 10 планках, які потім видаляють газовим різанням.

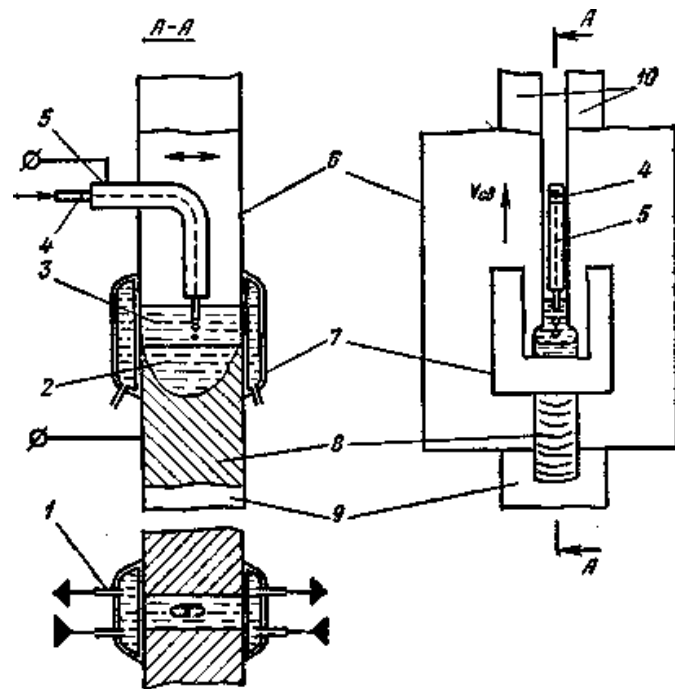


Рисунок 4.1 - Схема електрошлакового зварювання

## 5 Технології термічної обробки заготовок і деталей машин

**Завдання.** У результаті термічної обробки осі повинні одержати підвищену міцність по всьому перетину (твердість HB 230-280). Для її виготовлення вибрана сталь 40 ХНР. Назвати склад і визначити групу сталі за призначенням. Призначити і обґрунтувати режим термічної обробки, пояснивши вплив легування на перетворення, що від-



буваються на всіх етапах обробки даної сталі. Описати мікроструктуру і властивості сталі після термічної обробки.

**Відповідь.** Для забезпечення підвищеної міцності по всьому перетину осі з твердістю HB 230-280 із сталі 40 ХНР потрібно провести обробку термополіпшення, яка включає гартування з подальшим високим відпуском. Забезпечення однакових властивостей по перетину буде у тому разі, якщо ступінь легованості сталі забезпечить повну прогартуваність сталі по перетину осі. Сталь 40 ХНР відносяться до середньовуглецевих конструкційних покращуваних сталей, низьколегована, якісна. Хімічний склад сталі 40 ХНР:

- вуглець – 0,36-0,44%; - хром – 0,45-0,75%;
- нікель – 1,0-1,4%; - марганець – 0,5-0,8%;
- кремній – 0,17-0,37%; - бор – 0,01-0,05%;
- сірки і фосфору – не більше 0,035% кожного.

Температура критичних точок:  $A_{c1}$  - 735<sup>0</sup>С;  $A_{c2}$  - 768<sup>0</sup>С; температура початку мартенситного перетворення -  $M_n$  - 305<sup>0</sup>С.

Легуючі елементи при нагріві розчиняються у фериті (хром і нікель), підвищуючи його прогартуваність, а бор сильно перешкоджає зростанню зерна, забезпечуючи дрібне зерно при нагріві сталі до температури гартування. Температура нагрівання для гартування повинна забезпечити отримання структури аустеніту, тобто температура нагрівання повинна перевищувати критичну  $A_{c3}$  на 30-50С і для сталі 40 ХНР становить 820<sup>0</sup>С. Після нагрівання проводять охолодження, що забезпечує перетворення аустеніту в мартенсит.

Оскільки сталь легована елементами - хром, нікель, бор, які підвищують прогартуваність сталі, то охолоджувальним середовищем є масло. Це дозволить знизити внутрішні залишкові напруження і ймовірність викривлення, а також утворення тріщин.

Наявність нікелю в сталі, крім того, підвищує в'язкість сталі. Структура мартенсит, одержувана при гартуванні, є нестійкою і при подальшому нагріванні розпадатиметься з утворенням феритно-цементитної суміші.

Мартенсит є пересиченим твердим розчином впровадження атомів вуглецю в решітках  $\alpha$ -Fe, що має решітки об'ємно центрованого куба. Впроваджені атоми вуглецю і бездифузійний характер перетворення аустеніту в мартенсит дуже спотворюють кристалічні ґрати, і підвищується твердість. Чим вища температура нагрівання після гартування, тим більший ступінь розпаду мартенситу, значніше знижуються зміцнювальні властивості і збільшуються пластичні. Значення твердості HB 230-280 досягається при високому відпуску - 6000С. Легуючі елементи при відпуску уповільнюють процес розпаду мартенситу.

Твердість сталі 40 ХНР після гартування становитиме HRC 52-55, а критичний діаметр при охолодженні в маслі становить 25 мм.

При високому відпуску утворюється структура сорбіт відпуску, що складається з фериту і дисперсних частинок цементиту глобулярної форми. Така структура має високу конструкційну міцність. Властивості сталі після гартування і високого відпуску – термополіпшення, становить:

- межа міцності  $\sigma_b = 1030$  МПа;
- межа текучості  $\sigma_{0,2} = 835$  МПа;
- відносне подовження  $\delta = 10\%$ ;
- ударна в'язкість KCU = 69 Дж/см<sup>2</sup>;
- твердість HB 250.

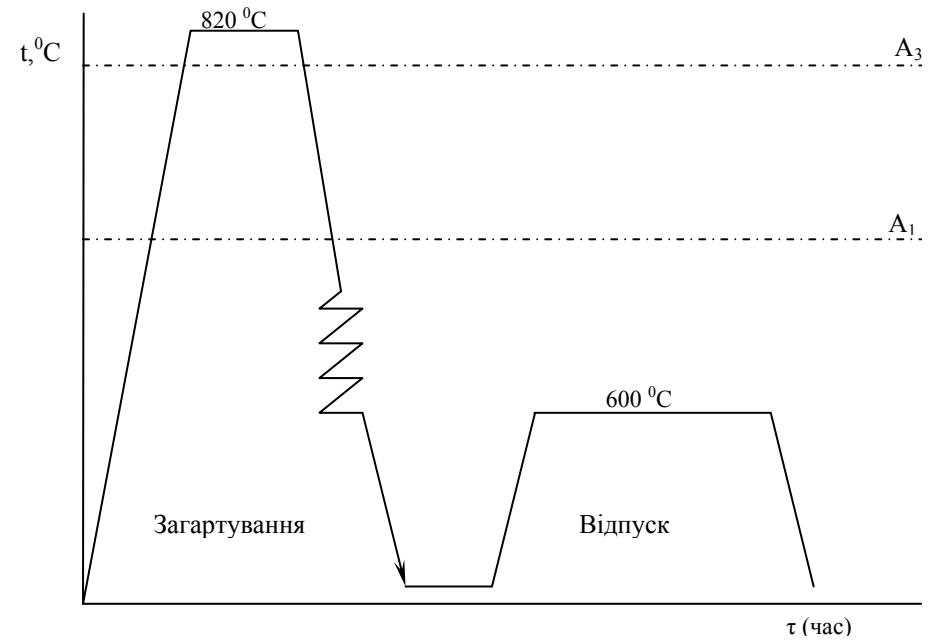


Рисунок 5.1 - Графік термічної обробки сталі 40 ХНР

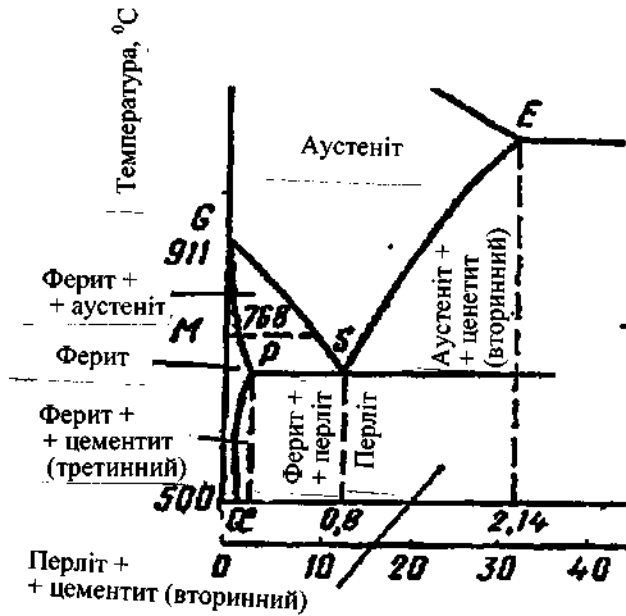


Рисунок 5.2 - «Стальной кут» діаграми залізо-цементит

### Список літератури

1. Дальский А.И. и др. Технология конструкционных материалов. - М.: Машиностроение, 1985.
2. Солнцев Ю.П. и др. Металловедение и технология металлов. - М.: Металлургия, 1988.
3. Конспект лекцій.
4. Марочник сталей и сплавов /Под ред. В.Г.Сорокина. -М.: Машиностроение, 1989. -640 с.
5. Пчелинцев В.А., Сигова В.И., Раб В.М. Методические указания к лабораторной работе «Практика маркировки и расшифровки машиностроительных материалов». - Сумы: Изд-во СумГУ, 1995.

**Сумський державний університет**  
**Кафедра «Прикладне матеріалознавство і**  
**технологія конструкційних матеріалів»**

**Рецензія**

На контрольну (курсову) роботу

з дисципліни \_\_\_\_\_

Студента заочного факультету гр. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(П. І. П/б)

Вимоги до роботи:

1 Відповідність роботи варіанту \_\_\_\_\_ дата виконання \_\_\_\_\_

2 Повнота виконання завдання \_\_\_\_\_

3 Якість оформлення \_\_\_\_\_

4 Використання ПЕВМ \_\_\_\_\_

5 Наявність висновків \_\_\_\_\_

6 Обсяг роботи \_\_\_\_\_

(кількість сторінок)

7 Основні недоліки \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8 Загальний висновок:

- робота зараховується (допускається до захисту) \_\_\_\_\_

- робота зараховується за умови доопрацювання зауважень \_\_\_\_\_

- робота не зараховується (не допускається до захисту) \_\_\_\_\_

9 Загальна оцінка роботи (урсової) \_\_\_\_\_

**Рецензент**

**Посада**

**Підпис**

**Дата**

## 8 ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

- 1 Структура і класифікація галузей народного господарства України.
- 2 Вихідні матеріали для отримання чавуну, їх характеристика.
- 3 Основні технології об'ємної термічної обробки, їх характеристика.
- 4 Науково-технічний прогрес і його роль в розвитку промисловості.
- 5 Металургійна промисловість України та її продукція.
- 6 Сутність, технологія, обладнання і галузь застосування газового зварювання.
- 7 Структура технологічного процесу.
- 8 Основні технології поверхневої термічної обробки.
- 9 Газові і нафтові родовища України. Основи їх розробки.
- 10 Сутність технології отримання сплавів на основі міді.
- 11 Хіміко-термічна обробка залізовуглецевих сплавів. Особливості і галузь застосування.
- 12 Добувна промисловість України. Мінерально-сировинні ресурси, пошук та їх розвідка.
- 13 Види енергії, роль в науково-технічному прогресі.
- 14 Основні поняття про технології паяння металів і сплавів.
- 15 Якість сировини і раціональне її використання.
- 16 Сутність технології отримання чавуну. Використовуване обладнання.
- 17 Охорона навколишнього середовища і техніко-економічна оцінка нафтохімічних виробництв.
- 18 Технологічні схеми видобутку руди і вугілля.
- 19 Екологічні проблеми чорної і кольорової металургії.

- 20 Основи технологій нанесення покриттів, ефективність застосування.
- 21 Технологічні схеми видобутку нафти і газу.
- 22 Техніка безпеки при виконанні робіт на металорізальному обладнанні.
- 23 Класифікація і сутність методів отримання заготовок ОМТ.
- 24 Технологічна схема підготовки корисних (руди) копалин до використання у промисловості.
- 25 Техніко-економічні показники процесу обробки металів тиском (кування).
- 26 Сутність технологій дроблення і сортування руди.
- 27 Продукція доменного виробництва і ТЕП процесу.
- 28 Сутність технологій збагачення руди.
- 29 Техніко-економічні показники процесу дугового ручного зварювання.
- 30 Сертифікація і якість продукції.
- 31 Сутність і класифікація технологій штампування.
- 32 Класифікація і властивості пального.
- 33 Дефекти продукції ливарного виробництва і основні методи їх виправлення.
- 34 Прогресивні технології в термічній обробці заготовок і виробів.
- 35 Способи переробки твердого пального (деревини, вугілля).
- 36 Способи розливання сталі. Класифікація, переваги і недоліки.
- 37 Будова металів і сплавів.
- 38 Шляхи підвищення ТЕП отримання металургійної продукції.
- 39 Корозія металів і способи захисту виробів від неї.
- 40 Явища, що супроводжують процес різання металів.
- 41 Отримання сталі в конверторах. ТЕП технології.
- 42 Сутність технологій відпалу і нормалізації.

- 43 Технологічна схема операцій переділу чавуну у сталь.
- 44 Сутність технологій гартування і відпуску.
- 45 Ефективність технології отримання сталі відновленням з руди.
- 46 Сутність і характеристика технології безперервного розливання сталі.
- 47 Метали і сплави, їх основні властивості.
- 48 Технології холодного об'ємного штампування, їх характеристика.
- 49 Основні властивості сталей і чавунів.
- 50 Сутність технологій отримання нерознімних з'єднань металів і неметалів.
- 51 Технології спеціальних методів лиття. Ефективність застосування.
- 52 Класифікація і призначення будівельних матеріалів.
- 53 Основи технології отримання виливків у разових формах.
- 54 Технології отримання бетону і залізобетону.
- 55 Ефективність спеціальних методів лиття в машинобудуванні.
- 56 Технологічний процес виробництва керамічних виробів.
- 57 Сутність технології контактного зварювання.
- 58 Класифікація фізико-хімічних методів обробки, їх коротка характеристика.
- 59 Сутність технології зварювання концентрованими джерелами енергії. Галузь застосування.
- 60 Технологія отримання мінеральних добрив.
- 61 Сутність технології зварювання під шаром флюсу.
- 62 Технологічна схема операцій порошкової металургії.
- 63 Технологія виробництва каучуку і гуми.



- 64 Ефективність технологій механічного зварювання (тертям, вибухом).
- 65 Порошкова металургія і галузь застосування її в машинобудуванні.
- 66 Технологія виробництва поліетилену.
- 67 Техніка безпеки при виконанні газозварювальних робіт.
- 68 Застосування неметалічних матеріалів у машинобудуванні.
- 69 Маркування чорних сплавів і галузь застосування.
- 70 Маркування кольорових сплавів і галузь застосування.

## **9 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ**

Лабораторна робота 1  
«Вивчення ручного електродугового зварювання»

### **1 МЕТА РОБОТИ**

1.1 Вивчити процес електродугового зварювання, використовуване при цьому обладнання.

1.2 Уміти розрахувати оптимальний режим ручного дугового зварювання, налагодити обладнання на цей режим.

1.3 Експериментально перевірити правильність вибору режиму визначенням технологічних коефіцієнтів дугового зварювання.

### **2 ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ, ІНСТРУМЕНТИ І МАТЕРІАЛИ**

2.1 Випрямляч зварювальний ВД-306 і трансформатор зварювальний ТД -500.

2.2 Покриті електроди.

2.3 Захисний щиток, рукавички і халат.

2.4 Ваги.

2.5 Секундомір (годинник).

2.6 Металеві заготовки.

### **3 ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ**

3.1 Визначення режиму зварювання і технологічних коефіцієнтів.

У даній роботі застосовується електродугове зварювання на постійному струмі і змінному. Електродом слу-

жить металевий пруток, який одночасно є присадним матеріалом /спосіб Слав'янова/.

Металевий електрод закріплюється в електротримачі, який за допомогою гнучкого кабелю приєднується до джерела живлення (рис. 1).

При дотику електрода до зварюваних заготовок виникає електрична дуга (газовий розряд), яка розплавляє кромки зварюваних деталей і металевий електрод. Розплавлений метал краплями переходить у ванну основного розплавленого металу, переміщується з ним і утворює зварний шов.

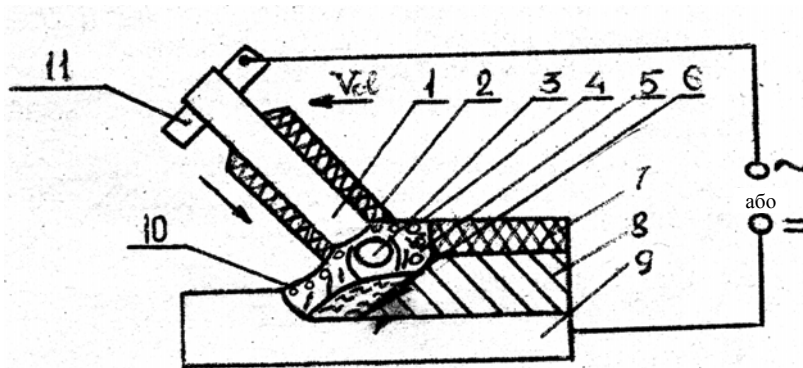


Рисунок 1 - Схема зварювання металевим покритим електродом: 1 - металевий стрижень; 2 - покриття електрода; 3 - крапля рідкого металу, електрода; 4 - шлакова ванна; 5 - дуга; 6 - зварювальна ванна; 7 - шлакова кірка; 8 - зварний шов; 9 - основний метал; 10 - газова захисна атмосфера; 11 - електротримач

Для зварювання конструкційних сталей застосовується електроди, які виготовляються за ГОСТом 9466-70 і класифікуються за призначенням, типом, маркам, типом і товщиною покриття, якістю, за діаметром і довжиною.

За призначенням електроди підрозділяються:

- для зварювання вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей:

- а) з межею міцності 600 МПа (E42, ..., E65);
- б) з межею міцності 600 МПа (E70, ..., E150);
- для зварювання легованих теплостійких сталей E-09 M; E-09X1Щ E-ЮХ5МФ (цифри позначають середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка, а поєднання букв і цифр - наявність хімічних елементів у зварному шві);
- для зварювання високолегованих сталей з особливими властивостями E-04X20H9; E-12X13;
- для наплавлення металу EN-УЗОХ28СЧН4-50 (УЗО – вміст вуглецю - 3%; поєднання букв і цифр - хімічний склад; останні цифри - твердість наплавленого металу НРС).

За товщиною покриття залежно від відношення D/d (де D - діаметр електрода, d - діаметр стрижня).

Для електродів введені такі позначення:

M - з тонким покриттям ( $D/d \leq 1,20$ );

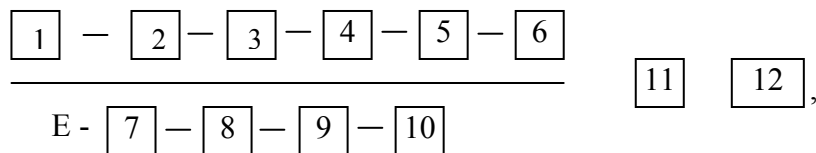
З - із середнім покриттям ( $1,20 < D/d < 1,45$ );

Д - з товстим покриттям ( $1,45 < D/d < 1,80$ );

Г - з особливо товстим покриттям ( $D/d > 1,80$ ).

Електроди виготовляються з дроту завдовжки від 220 до 450 мм і діаметром від 1,6 до 12 мм. Найчастіше використовують електроди завдовжки 350, 400, 450 мм і діаметром 3, 4 і 5 мм. Електроди пакуються у водонепроникний папір або поліетиленову плівку в пачках масою 3, 5 і 8 кг. На кожній пачці є етикетка, що містить найменування підприємства-виготовлювача, умовні позначення електродів, сфера їх застосування, режими зварювання, механічні властивості металу шва та ін.

Умовне позначення електродів на упаковці:



де 1 - тип; 2 - марка; 3 - діаметр; 4 - позначення призначення електродів; 5 – позначення товщини покриття; 6 - група електродів; 7 - група індексів, показуючих характеристики наплавленого металу; 8 - позначення виду покриття; 9 - допустимі просторові положення зварювання; 10 - позначення роду полярності постійного струму і номінальної напруженія холостого ходу П; 11 - позначення справжнього стандарту; 12 - позначення стандарту на типи електродів.

Наприклад: E50A-ДСК-50-5,0-УД2 ГОСТ 9466-75

E - 512/5/-БП ГОСТів 9467-75

тип електродів E50A; марка ДСК-50; діаметр 5,0 мм; для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей (У); з товстим покриттям (Д); 2 – ст групи зі встановленою стандартом групою індексів, що показують характеристики металу шва 515(5); з основним покриттям (Б); для зварювання у всіх просторових положеннях (І); на постійному струмі (мітка полярності) і змінному струмі (І).

Тип електрода позначається буквою Е і цифрою, яка вказує межу міцності металу шва, що гарантується, в  $10^{-1}$  МПа.

Кожному типу електрода відповідає декілька марок. Покриття електрода виконує такі функції: забезпечує стійке горіння дуги, захищає розплавлений метал шва від дії кисню і азоту повітря, розкислює в металі шва оксиди, утворює шлакову кірку, вводить легуючі добавки в метал шва і т.д.

Якість зварного з'єднання залежить від правильного вибору режиму зварювання. Основними параметрами режиму ручного зварювання є діаметр електрода ( $d_e$ ) і сила зварювального струму ( $I_{св}$ ). Діаметр електрода вибирається залежно від товщини металу і типу зварного з'єднання. Діаметр електрода визначається за емпіричною формулою:

$$d_3 = \frac{S}{2} + 1 \text{ мм},$$

де  $d_3$  - діаметр електрода, мм,  $S$  - товщина зварюваного металу, мм.

Для багатопрхідних швів за величину  $S$  беруть товщину одного проходу.

При виборі  $d_e$  мають місце обмеження:

- при зварюванні першого проходу стикових і кутових багатопрхідних швів  $d_e$  вибирається не більш 4 мм, щоб забезпечити необхідний доступ в глибину оброблення;

- при зварюванні вертикальних стикових і кутових швів  $d_e \leq 5$  мм, а стельових швів  $d_e \leq 4$  мм, щоб обмежити витікання металу із зварювальної ванни.

Сила зварювального струму визначає якість і продуктивність робіт. Вона залежить від  $d_e$ , складу і типу електродного покриття, положення шва у просторі. При недостатній  $I_{св}$  шов виходить тонким з непроварами, при надмірній  $I_{св}$  виникають подрізи, пропалами, погіршується структура металу, збільшується витрата електродів. Якщо збільшити  $I_{св}$  в 1,5-2 рази, то відбуватиметься різання металу.

Для ручного зварювання електродуги розрахункова величина  $I_{св}$  визначається за формулою академіка К.К.Хренова

$$I_{св} = (20 + K \cdot d_e) \cdot d_e \text{ (A)},$$

де  $K = 2,4-6$ , залежить від типу покриття і положення шва в просторі (визначається за таблицею 1).

Таблиця 1

Тип покриття		Положення шва		
		нижнє	вертикальне	стельове
Кисле	А	5,7	5,3	4,7
Рутил	Р	6,0	3,7	3,0
Основне	Б	3,6	2,5	2,4
Целюлозне	Ц	3,3	2,5	2,5

ГОСТ 5264-80 встановлює основні типи, конструктивні елементи і розміри зварних з'єднань із сталей, виконуваних ручним дуговим зварюванням металевим електродом при товщині зварюваного металу до 175 мм.

Встановлені такі типи з'єднань (рис. 2):  
 стикові – (умовне позначення - С, всього 32 з'єднання).  
 кутові - У (всього 10 з'єднань).  
 таврові - Т (всього 8 з'єднань).  
 напусткові - Н (всього 2 з'єднання).

Стикові шви підрозділяють за такими ознаками:  
 - за положенням щодо діючої сили - на флангові, лобові і косі (рис. 2);  
 - за положенням у просторі - на нижні, горизонтальні, вертикальні і стельові (рис.3).

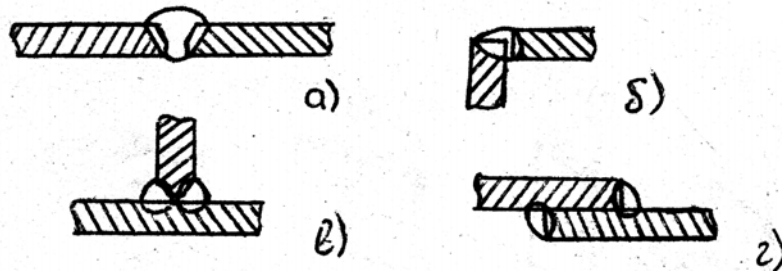


Рисунок 2 - Типи зварних швів: а) стикові; б) кутові; в) таврові; г) напусткові

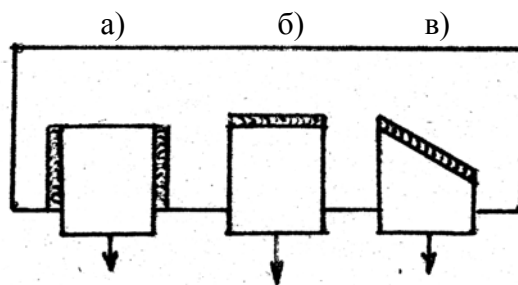


Рисунок 3 - Зварні шви: а) флангові; б) лобові; в) косі

Технологічні коефіцієнти характеризують економічну ефективність зварювання і правильність вибору режиму зварювання.

До технологічних коефіцієнтів відносять:  $\alpha_n$  - коефіцієнт наплавлення;  $\alpha_p$  - коефіцієнт розплаву;  $\alpha_{\pi}$  - коефіцієнт втрат.

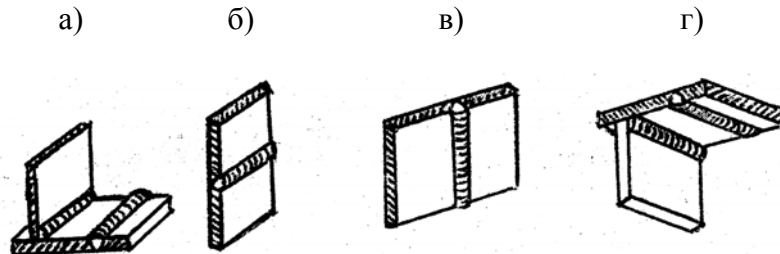


Рисунок 4 - Зварні шви: а) нижні; б) горизонтальні; в) вертикальні; д) стельові

Коефіцієнт наплавлення ( $\alpha_n$ ) характеризує технологічну якість використовуваних електродів. Він наводиться в довідниках із зварювання для кожної марки електродів, а також зазначається в ярликах, наклеюваних на кожній паці електродів. Коефіцієнт наплавлення ( $\alpha_n$ ) коливається в межах від 7 до  $16 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}}$ , і чим він вищий, тим електрод якісніший.

$$\alpha_n = \frac{Q_n}{I_{\text{св}} \cdot t},$$

де  $Q_n$  - маса наплавленого металу (г);  $t$  - час горіння дуги (год.);  $I_{\text{св}}$  - робочий зварювальний струм (А).

Коефіцієнт розплаву ( $\alpha_p$ ) враховує вигорання і розбризкування металу електрода і визначається за формулою



$$\alpha_p = \frac{Q_p}{I_{св} \cdot t},$$

де  $Q_p$  - маса розплавленого металу (2). Якщо  $\alpha_p$  значно більше  $\alpha_n$ , то це свідчить про нераціонально вибраний режим зварювання.

Вважається нормальним, якщо  $\alpha_p = (1,2-1,3) \alpha_n$ . Коефіцієнт втрат враховує потертий металу електрода на вигорання і розбризкування і визначається за формулою

$$\alpha_n = \frac{Q_p - Q_n}{Q_p} \cdot 100\%.$$

У даній роботі коефіцієнти  $\alpha_n$ ,  $\alpha_p$ ,  $\alpha_n$  визначаються досвідченим шляхом для певної марки електрода.

### 3.2 Опис обладнання для зварювання

Для дугового електрозварювання застосовують такі джерела живлення дуги:

- зварювальні генератори постійного струму;
- зварювальні випрямлячі;
- зварювальні трансформатори.

Усі джерела живлення дуги повинні забезпечувати:

- можливість роботи при короткому замиканні;
- надійність запалювання і стійке горіння дуги;
- регулювання сили струму.

Для стійкого горіння дуги вольт-амперна характеристика джерела струму (рис. 5) повинна задовольняти такі вимоги:

1 Напруження холостого ходу ( $U_{х.х}$ ) повинне бути в 2,5-3 рази більше від робочого напруження ( $U_g$ ).

2  $U_{х.х}$  при зварюванні металевим електродом змінним струмом - 50-70 В, а постійним струмом – 50-60 В,  $U_g$  – у межах 20-35 В.

3.3 Струм короткого замикання  $I_{к.з}$  повинен бути не більше  $2 I_g$ .

3.4 Момент короткого замикання повинне відновлюватися швидко (0,002-0,03 с).

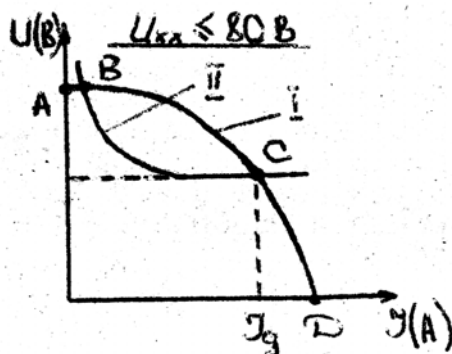


Рисунок 5 - Зовнішня характеристика джерела струму (1) і статична характеристика дуги (2):

A - режим холостого ходу;

B - режим нестійкого горіння дуги;

C - режим стійкого горіння дуги;

D - режим короткого замикання - робочий струм.

У лабораторії як джерела живлення використовуються трансформатори ТД-500, ТСД-1000 і ТФЦ-1000, а також зварювальні випрямлячі ВД-301 і ВДУ-506.

Трансформатори мають приблизно однаковий пристрій і відрізняються розмірами і потужністю. На рис.6 наведена принципова схема зварювального трансформатора ТД-500. Він належить до зварювальних трансформаторів із збільшеним магнітним розсіянням.

На сердечнику 5 внизу розміщені нерухомі котушки - 3 з первинною обмоткою, угорі - рухомі котушки 4 із вторинною обмоткою. Первинна обмотка включена в силовий ланцюг, а вторинна - у зварювальний ланцюг. Силу зварювального струму регулюють зміною відстані  $h$  між первинною і вторинною обмотками.

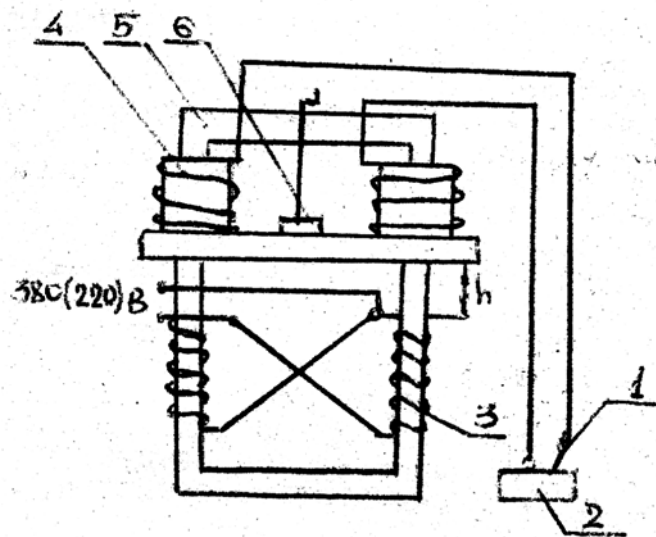


Рисунок 6 - Схема зварювального трансформатора ТД-500:  
 1 - електрод; 2 - зварюваний метал; 3 – нерухомі котушки;  
 4 - рухомі котушки; 5 - сердечник; 6 - регулятор сили струму

При збільшенні відстані  $h$  магнітний потік розсівається, е.р.с. самоіндукції та індуктивний опір збільшуються і відповідно зменшується струм у зварювальному ланцюзі.

Із збільшенням зварювального струму (наприклад, при замиканні) магнітний струм зростає і у вторинній обмотці збільшуються е.р.с. самоіндукції та індуктивний опір, що створює різне падіння напруги; зовнішню характеристику джерела яка круто падає (рис. 6).

Зварювальні випрямлячі відрізняються стійкістю горіння дуги, можливістю зварювання високолегуючих сталей, кольорових металів і сталей малої товщини, особливо при зварюванні в атмосфері захисних газів (аргону і  $CO_2$ ) під флюсом і порошковим дротом. Зварювальні випрямлячі складаються з двох основних блоків: знижувального

трифазного трансформатора з пристроєм для регулювання сили струму і випрямного блоку (селенові і кремневі вентилі). Крім того, випрямлячі мають пускорегулювальні і захисні пристрої, а також вентилятор для охолодження.

До недоліків випрямлячів потрібно віднести велику вартість і складність пристрою, а також менший КПД, ніж у трансформаторів.

#### **4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

4.1 Ознайомитися з технікою безпеки при зварюванні електричної дуги.

4.2 Вивчити обладнання, прилади і пристосування для дугового зварювання.

4.3 Набути практичних навичок запалювання і підтримки дуги з різними положеннями зварного шва при зварюванні стикового з'єднання пластин із сталі.

4.4 Розрахувати оптимальний режим зварювання на змінному струмі для заданого - листового матеріалу і налагодити апаратуру на заданий режим.

4.5 Зважити електрод і пластину на вагах з точністю до 1 г.

4.6 Наплавити вал (шов) на пластину (за один прохід необхідно розплавити не менше 3/4 довжини електрода) і записати значення струму (за показанням амперметра) і часу зварювання (за показанням секундоміра).

4.7 Зважити послідовно на вагах залишок електрода і пластину з наплавленим валом (швом). Розрахувати кількість розплавленого і наплавленого металу.

4.8 Визначити технологічні коефіцієнти.

4.9 Перевірити правильність вибору режиму зварювання.

## 5 ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті повинні бути відображені такі питання:

5.1 Мета роботи.

5.2 Короткі теоретичні відомості за схемою зварювання.

5.3 Опис лабораторного обладнання (трансформатора) за схемою і вольт-амперною характеристикою.

5.4 Розрахунки оптимального режиму зварювання, технологічних коефіцієнтів  $\alpha_n$ ,  $\alpha_p$ ,  $\alpha_n$ , протокол дослідних даних (табл. 2).

5.5 Висновки: оцінити правильність вибраного режиму зварювання і налагодження апаратури.

Таблиця 2

Зразок (матеріал)	Товщина Н, мм	Рід струму	І <sub>св</sub> розрахункова	Вага до зварювання		Вага після зварювання		Q <sub>н</sub> = Q <sub>обр.1</sub> - Q <sub>обр.2</sub>	Q <sub>р</sub> = Q <sub>з1</sub> - Q <sub>з2</sub>	Час зварювання, год.	І <sub>св</sub> робоче
				Q <sub>обр.1</sub>	Q <sub>з1</sub>	Q <sub>обр.2</sub>	Q <sub>з2</sub>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Коефіцієнти:

$$\alpha_n = \frac{Q_n}{I_{св} \cdot t} = \frac{\Gamma}{A \cdot ч}$$

$$\alpha_p = \frac{Q_p}{I_{св} \cdot t} = \frac{\Gamma}{A \cdot ч}$$

$$\alpha_n = \frac{Q_p - Q_n}{Q_p} =$$

## 6 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 6.1 Суть дугового зварювання.
- 6.2 Способи дугового зварювання.
- 6.3 Що таке зварювальна дуга? Умови її виникнення.
- 6.4 Утворення зварювальної ванни, захист її від зовнішнього середовища.
- 6.5 Електроди для зварювання, їх будова і класифікація.
- 6.6 Призначення і тип електродного покриття.
- 6.7 Режим зварювання, визначення  $d_e$  і  $I_{св}$ .
- 6.8 Технологічні коефіцієнти, їх визначення.
- 6.9 Як перевірити правильність вибору режиму зварювання?
- 6.10 Джерела живлення зварювальної дуги.
- 6.11 Принцип пристрою зварювальних трансформаторів типу 10-300, ТД-500, ТСД-1000.
- 6.12 Вольт-амперна характеристика зварювальних трансформаторів і статична характеристика дуги.
- 6.13 Техніка безпеки при зварювальних роботах.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. А.М.Дальский и др. Технология конструкционных материалов. -М.: Машиностроение, 1977. – С.270-283.
2. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению /Под общ. ред. С.С.Некрасова. -М.: Колос, 1983. –С. 87-91, С. 101-105.

Лабораторна робота 2  
«Ливарне виробництво»

## **1 МЕТА РОБОТИ**

- 1.1 Ознайомитися з основами ливарного виробництва.
- 1.2 Вивчити процес виготовлення разової ливарної форми.

## **2 УСТАТКУВАННЯ, ПРИЛАДИ І МАТЕРІАЛИ**

- 2.1 Змішувальні бігуни.
- 2.2 Модельно-опочний комплект.
- 2.3 Лабораторний формувальний стіл.
- 2.4 Піч для розплавлення парафіну або легкоплавкого металу.
- 2.5 Опоки, сито, інструмент для виготовлення ливарної форми.
- 2.6 Кварцовий пісок, глина (бентоніт), вода для приготування формової суміші.
- 2.7 Парафін (стеарин) або легкоплавкий метал для заливання форми.

## **3 ОСНОВНІ ЗАСАДИ**

### **3.1 Ливарне виробництво**

Це процес отримання виробів шляхом заповнення рідким матеріалом порожнини форми, що має конфігурацію необхідної деталі. Після кристалізації і охолодження металу у формі отримуємо вилівок (лита деталь або заготівка), що витягується потім з форми і піддається подальшій обробці.

Основним завданням ливарного виробництва є виготовлення з ливарних сплавів виливків, з формою і розмірами максимально наближеними до форми і розмірів готової деталі. Операції механічної обробки виливка мають бути зведені до мінімуму.

### 3.2 Ливарні сплави

У сучасній техніці використовують литі деталі з багатьох сплавів:

- сірий чавун (64 % від маси усіх виливків);
- вуглецева сталь (16,6 %);
- легована сталь (6,7 %);
- кольорові метали і сплави (4,2 %).

Ливарним сплавам притаманні властивості (див. табл. 1).

**Рідкоплавкість** - здатність розплаву вільно текти в ливарній формі, заповнюючи її, і точно сприймати всі контури. Рідкоплавкість залежить від температури і складу сплаву.

**Усадка** – властивість металів і сплавів зменшувати об'єм при охолодженні в розплавленому стані, у процесі затвердіння і в затверділому стані. Залежить від хімічного складу сплаву, температури заливки, конфігурації виливка.

Розрізняють *об'ємну* і *лінійну* усадку. Об'ємна впливає на появу усадкових раковин, лінійна визначає розмірну точність одержаних виливків.

Лінійна усадка становить: для сірого чавуну – 0,8-1,3%; для вуглецевих сталей – 2-2,4%; для алюмінієвих сплавів – 0,9-1,45%; для мідних сплавів – 1,4-2,3%.

**Газовбирання** – здатність ливарних сплавів у розплавленому стані розчиняти водень, азот, кисень та інші гази.



Таблиця 1 - Основні властивості ливарних сплавів

Ливарний сплав	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Лінійна усадка сплаву (середні значення), %	Температура, °С		Орієнтовна твердість за Брінеллем НВ
			плавлення	заливання до ливарної форми	
Сірий чавун	7,1-7,3	0,9-1,3	1150-1260	1260-1400	143-283
Білий чавун	7,4 -7,7	1,5-2,0	1150-1260	1240-1300	300-700
Ковкий чавун	7,2 -7,4	1,4 -1,7	1150-1350	1380-1450	100-320
Високоміцний чавун	7,1-7,2	0,5-1,0	1150-1260	1280-1400	140-369
Сталь ливарна вуглецева	7,8	2,0	1420-1520	1500-1600	149-169
Бронза	8,6	1,5	1000-1050	1100-1150	100
Латунь	8,6	1,5	900-1050	1000-1100	80
Алюмінієві стопи	2,5-2,83	0,5-1,40	610-660	700-780	40-100
Магнієві стопи	1,8-1,83	1,0-1,5	100-650	680-780	30-65

**Ліквіація** – неоднорідність хімічного складу сплаву у різних частинах вилівка через різну розчинність окремих компонентів сплаву у його твердій і рідкій фазах.

Розрізняють ліквіацію *зональну*, коли різні частини вилівка мають різний хімічний склад, і *дендритну*, коли хімічна неоднорідність спостерігається у кожному зерні.

### 3.2.1 Особливості литва деяких матеріалів

**Сірий чавун** є найдешевшим з ливарних сплавів з добрим ливарними властивостями (лінійна усадка до 1,3%). Його механічні властивості залежать від розміру зерна металу, від розмірів і характеру розподілу вкраплень графіту, а також від співвідношення між загальним, зв'язаним і вільним вуглецем (графітом). Конструкційну міцність чавунного вилівка не дуже знижує наявність гострих кутів, різких переходів, неметалевих включень, невеликих газових раковин і пор.

Чавуни СЧ 00 і СЧ 12 мають феритову структуру, починаючи з СЧ 24 до СЧ 44 - перлітову структуру, а інші - феритно-перлітну структуру.

На утворення тієї або іншої мікроструктури впливають хімічний склад чавуну і швидкість охолодження виливка. У зонах виливка, де метал охолоджується з більшою швидкістю, наприклад біля поверхні, утворюється дрібніше зерно і виділяється дрібніший графіт, а отже, вони мають вищі механічні властивості, а в середній зоні, охолоджуваній з меншою швидкістю, утворюється крупніше зерно.

Цю залежність потрібно враховувати при проектуванні виливка з сірого чавуну.

Форми для виливків з **ковкого чавуну** виготовляють з урахуванням властивостей білого чавуну (з якого ковкий отримують), який має великі лінійну і об'ємну усадку (1,7%), внаслідок чого схильний до утворення усадкових раковин і тріщин. Для живлення усадки у товстостінних місцях виливка передбачають бічні додатки - усадкові живильники, які тверднуть в останню чергу і в них утворюється усадкова раковина.

**Високоміцний чавун** одержують присадкою в рідкий чавун деяких лужних або лужноземельних металів (0,03-0,07%Mg) що змінює форму графіту на кулясту. Чавуни з кулястим графітом мають вищі механічні властивості, не поступаються литій вуглецевій сталі, зберігаючи при цьому хороші ливарні властивості (лінійна усадка 1,0%) і обробку різанням, здатність гасити вібрації, високу зносостійкість тощо.

Чавуни ВЧ 50-2, ВЧ 60-2, ВЧ 70-3, ВЧ 80-3, ВЧ 100-4, ВЧ 120-4 мають перлітову металеву основу, чавуни ВЧ 45-5 - перлітоферитну і ВЧ 38-17, ВЧ 42-12 - феритну.

Для зняття ливарних напружень, підвищення механічних властивостей чавун піддають термічній обробці.

Виготовлення форм для **випливіків із сталі** відрізняється застосуванням додатків для живлення великої (вуглецева до 2,5%, легована до 6%) об'ємної усадки сталі. При цьому треба враховувати, що сталь має знижену рідкотекучість і високу температуру заливання.

Для випливіків із сталі часто маса домішки наближається до маси випливіка.

**Ливарні алюмінієві сплави.** Високі ливарні властивості мають сплави, у структурі яких є евтектика. Це сплави алюмінію і кремнію, що називаються силумінами (АЛ2, АЛ3, АЛ5). Лінійна усадка становить 1-1,5%. Сплави характеризуються низькими механічними властивостями.

Сплави алюмінію і міді (АЛ7, АЛ19) після термічної обробки мають високі механічні властивості, хорошу оброблюваність, але низькі ливарні властивості.

Сплави алюмінію і магнію мають погані ливарні властивості (лінійна усадка становить 1-1,6%), оскільки не містять евтектики, але мають високу корозійну стійкість, хороші механічні властивості і оброблюваність різанням. До них відносять сплави АЛ3, АЛ13, АЛ27.

Антифрикційні сплави алюмінію з сурмою, залізом, міддю і кремнієм утворюють м'які евтектики і хімічні сполуки високої твердості.

Форми для алюмінієвих випливіків виготовляють з урахуванням ливарних властивостей кожного сплаву. Застосовують металеві холодильники для прискорення процесу кристалізації масивних стінок випливіка, що забезпечує її густину.

При виготовленні форм з **мідних сплавів** необхідно враховувати велику усадку (латуні - 1,5-1,9%; олов'яні бронзи 1-1,5%; безолов'яні бронзи 1,6-2,2%), порівняльне легке окислення при високій температурі з утворенням плівки оксидів. Бронза, наприклад, має велику схильність до ліквідації. Тому, щоб уникнути спаїв і несплавлень, по-

винно бути забезпечено повільне заповнення форми сплавом і рівномірне охолодження в ній виливка. Наприклад, для алюмінієвої бронзи передбачають підведення металу у форму, що виключає падіння сплаву з висоти, розбрикування і зштовхування його потоків.

**Ливарні магнієві сплави.** Магній має малу густину ( $1,73 \text{ г/см}^3$ ).

Високі механічні властивості мають магнієві ливарні сплави з 4% Al. При підвищенні вмісту алюмінію до 8-10% знижуються межа міцності на розтягування і в'язкість, а твердість - збільшується. Сплави магнію з алюмінієм можна термічно обробляти для підвищення їх механічних властивостей.

Цинк вводять у сплави магнію з алюмінієм у кількості 0,2- 0,5% для підвищення їх механічних властивостей.

Форми для магнієвого литва виготовляють з урахуванням великої реакційної здатності магнію.

Формувальні матеріали застосовують з домішками сірки і борної кислоти. Перед заливанням форму просушують. При виготовленні ливникової системи передбачають повільне, спокійне заповнення форми. Для захисту магнієвих сплавів від загоряння під час заливання форми струмінь металу опилують сірчаним порошком.

**Ливарні тугоплавкі сплави.** До тугоплавких сплавів відносять сплави на основі титану, ніобію, молібдену, вольфраму, ванадію. Ці тугоплавкі сплави мають високу хімічну активність. При плавленні вони інтенсивно взаємодіють з киснем, азотом і воднем.

Температура плавлення ванадію -  $1670^\circ\text{C}$ , ніобію -  $2415^\circ\text{C}$ , молібдену -  $2610^\circ\text{C}$ , танталу -  $2996^\circ\text{C}$ , вольфраму -  $3410^\circ\text{C}$ .

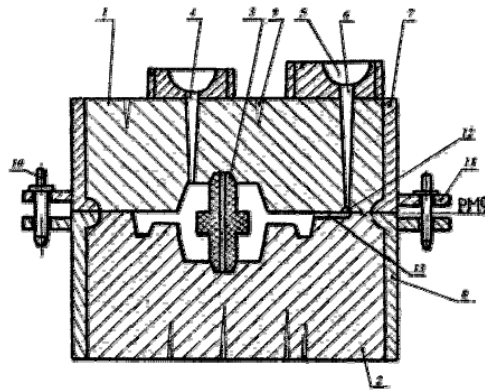
Форми виготовляють з урахуванням того, що тугоплавкі сплави розкладають окисли алюмінію і кремнію, які найчастіше входять у формувальні матеріали. Тому форми

виготовляють з графіту або міді, останні охолоджують водою. Ливникову систему виготовляють з урахуванням спокійного заповнення форми сплавом. Щоб сплав не окиснювався, форми заливають у глибокому вакуумі.

## 4 ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ ФОРМ

### 4.1 Загальні терміни

**Ливарна форма** - це пристосування що створює робочу порожнину, при заливанні до якої рідкого металу формується виливок.



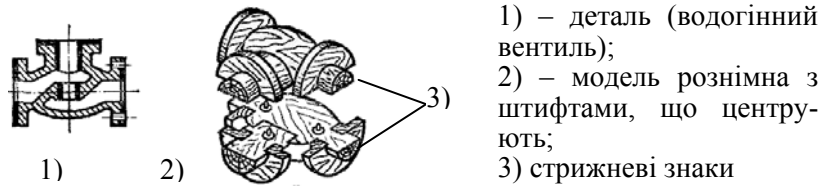
Ливарна піщано-глиняста форма складається з:  
1 - верхньої напівформи; 2 - нижньої напівформи; 3 – стрижня;  
4 - випору (додаток); 5 - ливникової чаші; 6 - стояка; 7 - опоки верхньої; 8 - опоки нижньої; 9 - газовідвідних каналів; 10 - центральних штирів; 11- вушок опоки; 12 - шлаковловлювачів; 13 - живильників

**Ливарне технологічне оснащення.** До комплекту ливарного оснащення для виготовлення форм з формувальних сумішей входять моделі, підмодельні плити, стрижневі ящики, опоки тощо.

**Модельний комплект** - це комплект формувальних пристроїв, потрібних для утворення при формуванні робо-

чої порожнини. Це модель, стрижневі ящики, моделі ливникової системи, формування, контрольні і складальні шаблони для визначеного виливка.

**Модель** - Це елемент, за допомогою якого у ливарній формі одержують порожнину, має конфігурацію зовнішньої поверхні виливка.



*Модель більша за виливок на величину усадки металу.*

*Розміри моделі відрізняються від відповідних розмірів деталі величиною припусків на механічну обробку, технологічних припусків, величиною усадки металу.*

*Модель виготовляють із дерева (як правилоодиничне виробництво), металу, пластмаси.*

*Модель може бути рознімна або нерознімна для здійснення можливості технології формування у піщаній формі.*

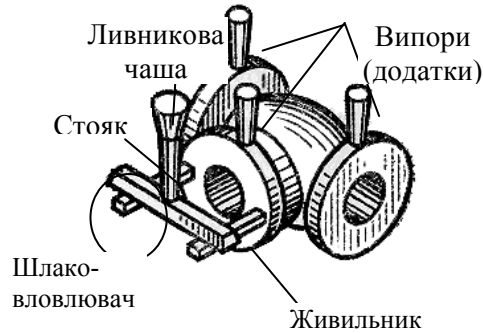
#### **Площина рознімання моделі, форми (РМФ).**

Призначається для можливості видалення моделі з форми після здійснення процесу формування. Вимоги:

- 1) можливість найлегшого видалення моделі з форми;
- 2) виключення криволінійності рознімання;
- 3) забезпечення точності розмірів виливка.

**Стрижневі знаки.** У місцях, де у деталі має бути отвір (або порожнина). Мають вигляд виступів. Знаки роблять заглибини у формовій суміші, куди вставляється стрижень при складанні форми.

**Ливникова система** - Це сукупність каналів і резервуарів, якими розплав надходить з ковша до порожнини форми і живлення її під час тверднення. Основними елементами ливникової системи є: *ливникова чаша, стояк, шлаковловлювач, живильники, випори, додатки*. За способом підведення розплаву в робочу порожнину форми ливникові системи поділяють на: нижню, верхню, бічну.

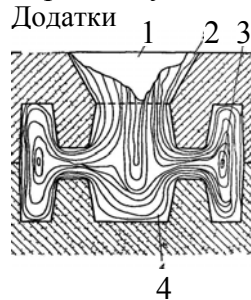


**Ливникова чаша.** Призначена для приймання розплавленого металу і спрямування його в порожнину форми.

**Стояк.** Канал, що спрямовує розплав у інші елементи (крім чаші) ливникової системи.

**Шлаковловлювач.** Затримує неметалеві домішки у розплаві перед його надходженням до живильників.

**Живильник.** Канал що підводить розплав у робочу порожнину.



- 1 – усадкова раковина;
- 2 – додаток;
- 3 – усадкова пористість;
- 4 – виливок

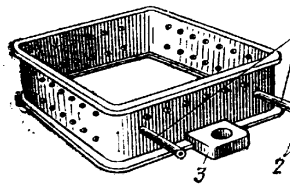
Потрібні для отримання виливків без усадкових раковин і пористості, що можуть утворюватися внаслідок зменшення об'єму розплаву при затвердінні. Використовують відкриті додатки, закриті і додатки, що діють під тиском.

**Випори.** Вертикальні канали, потрібні для виходу газів з форми, контролювання заповнюваності робочої порожнини.

**Газовідвідні канали.** Потрібні для видалення газів, що виділяються формою при заливанні металу з високою температурою. Канали, що зроблені *спицею-душником* і проходять на різну глибину форми.

**Підмодельна плита.** Служить для розміщення на ній моделей і встановлення опок при виготовленні ливарної форми вручну. *Підмодельні плити* формують площину рознімання ливарної форми.

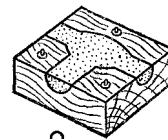
**Опока** (дивись «форми») - це міцні металеві рами різної форми, призначені для виготовлення ливарних напівформ з формувальних сумішей. Опки виготовляють із сірого чавуну, сталі, алюмінієвих сплавів.



**Стрижень** - це елемент форми, за допомогою якого у виливку отримують отвір чи порожнину.

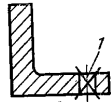


**Стрижневий ящик.** Виготовляють стрижні у *стрижневих дерев'яних ящиках* із стрижневої суміші, що міцніша за формову.





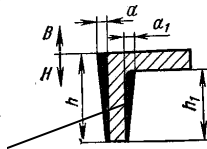
Технологічний припуск складається з напуску



Якщо деталь складної форми, модель для неї спрощується шляхом невиконання окремих елементів (отворів на фланцях вентиля, різі тощо). На них призначається *напуск (1)* і на моделі ці елементи вже відсутні (спрощені).

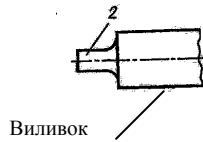
ливарних (формових) ухилів

Вертикальна стінка моделі



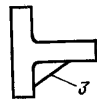
Призначаються на поверхні моделі або стрижня для спрощення видалення моделі (стрижня) без псування з форми (стрижневого ящика). Величина до  $3^\circ$ .

Приливки



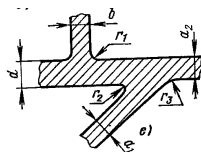
Штучно доданий елемент (2) до виливка, за допомогою якого закріплюють при механічній обробці (транспортують) виливок.

Ребра



Передбачають для запобігання жолобленню виливка при твердінні (термічній обробці).

Галтелі



Закруглення внутрішнього кута виливка і моделі для отримання повільного переходу в спряжених стінках.

**Припуск на механічну обробку.** Це шар металу, що призначається на поверхні виливка з метою отримання потрібної геометрії та точності деталі подальшою механічною обробкою. Величина припуску регламентується ДСТУ, залежить від матеріалу виливка, розміщення виливка у формі тощо.

**Формові суміші для виготовлення форм.** Формові суміші поділяють на *облицювальні, наповнювальні* чи *єдині*

**Стрижневі суміші.** Для виготовлення стрижнів у стрижневих ящиках. Більш міцні за формові, для *теплого* сушіння і *самотверднучі*.

#### 4.2 Основні операції виготовлення ливарних форм і отримання виливка

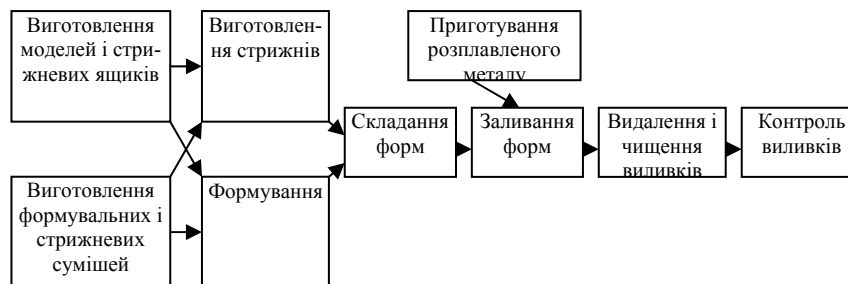


Рисунок 1 - Технологія отримання виливка

##### 4.2.1 Виготовлення модельного комплекту

Поверхня моделі повинна бути гладкою, чистою, щоб при вийманні її з форми вона легко відділялася від формувальної суміші.

При виготовленні моделей і стрижневих ящиків враховують технологію формування і виготовлення стрижнів, ливарні властивості сплаву, що заливається у форму, подальшу механічну обробку виливка.

#### 4.2.2 Виготовлення сумішей для форм і стрижнів

*Формувальні суміші*, що використовують для виготовлення разової піщано-глинястої форми, повинні мати певні властивості: міцність, текучість, пластичність, вогнетривкість, газопроникність і протипригарність. Для забезпечення зазначеного до складу формувальної суміші входять: кварцовий пісок, бентоніт, вода, зв'язуючі речовини і різні домішки.

За призначенням формувальні суміші є:

а) *облицювальні*, призначені для утворення робочого шару, що контактує з моделлю і контактуватиме з рідким металом; основними властивостями для них є: пластичність, текучість, вогнетривкість і протипригарність; *протипригарність* забезпечується шляхом нанесення речовин, що містять вуглець (припилів), на поверхню моделі або порожнину форми;

б) *наповнювальні*, призначені для заповнення робочого об'єму в опоках після нанесення облицювальної суміші; основними властивостями є міцність і газопроникність;

в) *універсальні*, які використовуються при виготовленні невідповідних виливків і можуть виконувати роль як облицювальної суміші (дрібнофракційної), так і наповнювальної.

*Стрижневі суміші* повинні мати більш високі вогнетривкість, газопроникність, податливість, легко вибиватися з виливка.

*Вогнетривкість* – здатність суміші і форми чинити опір розтягуванню або розплавленню під дією температури рідкого металу.

*Газопроникність* – здатність суміші пропускати через себе газу (пісок сприяє її підвищенню).

Стрижневі суміші містять кварцовий пісок і зв'язуючі домішки. Залежно від способу виготовлення стрижнів суміші поділяють: для теплового сушіння в оснащенні, що нагрівається, і самотверднучі.

### 4.2.3 Виготовлення форм

Форми виготовляються вручну, на формувальних машинах і на автоматичних лініях.

Вибір способу формування залежить від розміру форми, від серійності виробництва, складності моделі, від конструкції і розміщення ливникової системи, розміщення додатків тощо.

Ручне формування застосовується для отримання одного або декількох виливків в умовах дослідного виробництва, у ремонтному виробництві, для великих виливків масою 200...300 тонн.

Прийоми ручного формування: у парних опоках за різною моделлю; у трьох опоках; формування шаблонами; формування в кесонах.

#### 4.2.3.1 Виготовлення форм у двох і трьох опоках.

Формування у двох опоках відбувається в такій послідовності: за допомогою моделі формується нижня напівформа 3 (рис.2 а), потім встановлюють модель втулки 4, стояка 6 і випору 5 та формують верхню напівформу 7. Піднімають верхню напівформу і видаляють з неї моделі стояка і випору, а з нижньої напівформи - модель виливка. Напівформи готують до збирання, встановлюють стрижень 1 для утворення центрального отвору і стрижень 2 для утворення зовнішнього поглиблення виливка. Верхню напівформу ставлять на нижню і заливають чавуном. Готовий виливок шківа з ливниковою системою наведено на рис.2 в.

У одиничному виробництві, щоб не виготовляти стрижень 2 (рис. 2 а) і стрижневий ящик для нього, застосовують формування у трьох опоках 9-11 (рис. 2 б). У цьому випадку в моделі втулку 4 і фланець 8 виконують відокремленими. Середня опока 10 утворює зовнішнє поглиблення у виливку. Після виготовлення форми підіймають верхню опоку 9, потім видаляють модель, знімають середню

опоку 10, видаляють відокремлений фланець-модель 8, ставлять стрижень і збирають форму.

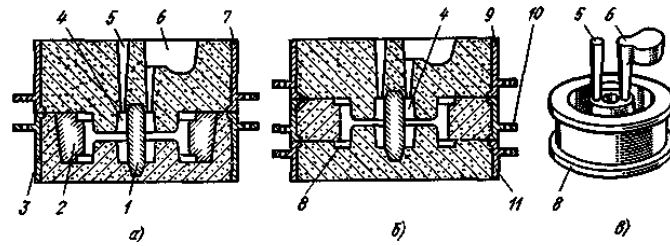
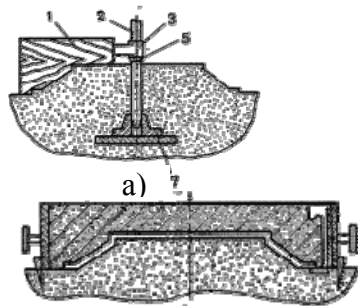


Рисунок 2 - Формування виливка «шків» у двох (а) і трьох (б) опоках разової піщано-глинястої форми

#### 4.2.3.2 Виготовлення ливарних форм шаблонами



- 1- профільова-на дошка (шаблон)
- 2 – шпindelь
- 3 – рукав
- 5 – упор
- 6 - п'ята

Рисунок 3 - Принцип формування шаблоном (а) і складена форма (б)

Шаблон – профільна дошка.

Застосовується для отримання виливків, що мають конфігурацію тіл обертання в одиничному виробництві.

#### 4.2.3.3 Виготовлення ливарних форм у кесонах:

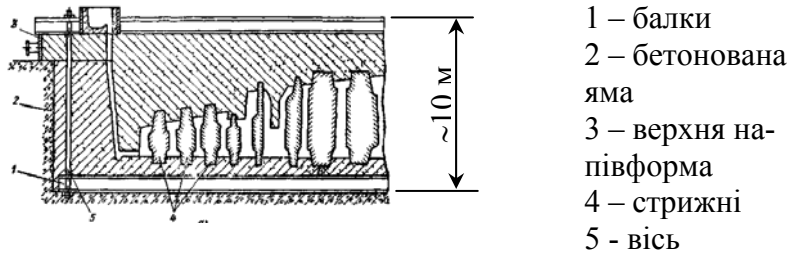


Рисунок 4 - Формуванням в кесонах

Кесон - залізобетонна яма, розташована нижче за рівень підлоги цеху, водонепроникна для ґрунтових вод. Кесон має механізм для пересування стінок і пристосований для установки і закріплення верхньої напівформи.

Одержують великі виливки масою до 200 тонн за неможливістю виготовлення у якийсь інший спосіб.

#### 4.2.3.4 Виготовлення ливарних форм у стрижнях

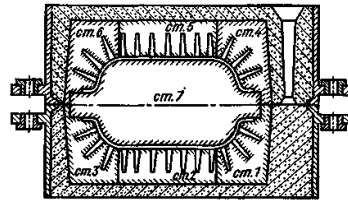


Рисунок 5 - Виготовлення форми в стрижнях

В цей спосіб одержують тонкостінний вилівок складної конфігурації або з великою кількістю ребер. За допомогою стрижнів збирають форму для утворення зовнішньої і внутрішньої частин виливка. У даному випадку форма складена з семи стрижнів.

#### 4.2.3.5 Машинне формування:



Рисунок 6 - Схеми способів ущільнення ливарних форм при машинному формуванні: а – пресуванням; б - струшуванням

Використовується в масовому і серійному виробницт-  
вах, а також для дрібних серій і окремих виливків.

Підвищується продуктивність праці, поліпшується  
якість форм і виливків, знижується брак, полегшуються  
умови роботи.

За характером ущільнення розрізняють машини: пре-  
сові, струшуючі, піскометальні тощо.

Ущільнення пресуванням може здійснюватися за різ-  
ними схемами, вибір яких залежить від розмірів форми  
моделей, ступеня і рівномірності ущільнення та інших  
умов.

*У машинах з верхнім ущільненням тиск діє зверху.*

*У машинах з нижнім пресуванням формувальна суміш  
ущільнюється самою моделлю і модельною плитою.*

*Ущільнення струшуванням відбувається внаслідок  
струшувань, що багато разів повторюються.*

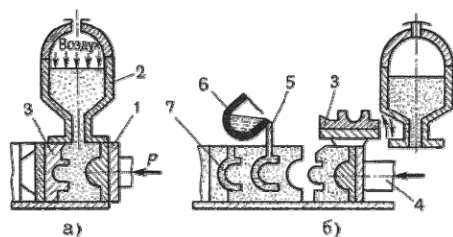
При ручному формуванні годинна продуктивність  
формувальника становить  $0,5-0,6 \text{ м}^3$  ущільненої суміші,  
на формувальних пресових і струшувальних машинах –  $8-10 \text{ м}^3$ , а на піскометі досягає  $60 \text{ м}^3$ .

#### 4.2.3.6 Вакуумне формування

Модельна плита має вакуумну порожнину. У моделі є крізні отвори діаметром 0,5-1 мм, що збігаються з отворами в плиті. Модельну плиту з моделлю закривають нагрітою полімерною плівкою. В отворах насосами створюється вакуум 40-50 кПа.

Потім встановлюється опока із сухим кварцовим піском, який ущільнюється за допомогою вібрацій. Напівформу знімають з моделі. При заливанні металу плівка згорає, утворюючи протипригарне покриття.

#### 4.2.3.7 Безопокове автоматичне формування:



- 1 – модельна плита;
- 2 – стиснуте повітря;
- 3 – обертова модельна плита;
- 4 – плунжер;
- 5 – порожнина форми;
- 6 – ківш;
- 7 – виливок

Рисунок 7 - Виготовлення безопових ливарних форм

Використовується при виготовленні форм для дрібних виливків з чавуну і сталі у серійному і масовому виробництвах.

Виготовлення ливарних форм здійснюється на високопродуктивних піскодувно-пресових автоматичних лініях.

#### 4.2.4 Виготовлення стрижнів

Виготовлення стрижнів здійснюється вручну або на спеціальних стрижневих машинах із стрижневих сумішей.

Виготовлення стрижнів включає операції: формування сирого стрижня, сушіння, фарбування сухого стрижня. Якщо стрижень складається з кількох частин, то після сушіння їх склеюють.



Для додання стрижням необхідної міцності використовуються арматурні каркаси.

Готові стрижні піддаються сушінню при температурі 200-230<sup>0</sup>С для збільшення газопроникності і міцності.

#### **4.2.5 Розплавлення металу і заливання форм**

У ливарних цехах найбільше використовуються для плавлення сплавів дугові електропечі, індукційні електропечі із сердечником і без сердечника, печі опору і вагранки.

Заливання розплавленим металом форм здійснюється з ковшів барабанного та інших типів. Температура розплавленого металу на 100-150<sup>0</sup>С вища за температуру плавлення.

#### **4.2.6 Охолодження, видалення і очищення виливків**

Охолодження виливків триває від кількох хвилин (для невеликих тонкостінних виливків) до кількох діб і тижнів (для великих різностінних та товстостінних виливків).

*Видалення (вибиття) виливків*

Здійснюють вібраційно-пневматичними і гідравлічними пристроями.

*Обрубання виливків*

Видалення з виливка додатків, ливників здійснюється пневматичними зубилами, стрічковими і дисковими пилами, за допомогою газового різання і на пресах.

*Очищення виливків*

Це процес видалення пригару, залишків формувальної і стрижневої сумішей із зовнішніх і внутрішніх поверхонь виливків.

Здійснюється в галтувальних барабанах періодичної або безперервної дії (для дрібних виливків), в гідропіскоструминних і дробометальних камерах, а також хімічною або електрохімічною обробкою.

#### **4.2.7 Контроль якості виливків**

*Контроль виливків* спочатку здійснюють візуально для виявлення дефектів, які можна виправити. Правильність конфігурації і розмірів перевіряють вимірюванням, щільність металу - гідравлічними випробуваннями під тиском води до 200 МПа.

*Дефекти* відливків є внутрішні і зовнішні. *Внутрішніми* дефектами є усадочні і газові раковини, тріщини гарячі і холодні, шлакові включення. *Зовнішніми* дефектами є тріщини, раковини, перекіс, пригар, недолив металу, перелив, жолоблення. Дефекти є виправні і невиправні.

*Причинами* дефектів є порушення технології виготовлення форм, стрижнів, одержання рідкого металу, його заливання, приготування формових і стрижневих сумішей та ін.

Для виявлення дефектів відливків проводять зовнішній огляд, рентгеноскопію, магнітоскопію, дефектоскопію, ультразвукові дослідження та ін. Є руйнівні методи контролю, вибірково.

*Виправляють* дефекти наплавленням, заварюванням, шпаклюванням, просочуванням (бакелітовим лаком), термічною обробкою, металізацією (напилюють краплі рідкого металу струменем стисненого повітря) та іншими способами.

#### **4.3 Спеціальні способи лиття**

Різні за формою, розмірами і точністю виливки з різних сплавів нерационально одержувати за допомогою одного і того самого способу. Доцільно виготовляти виливок певної якості визначеним способом. На цей час, окрім лиття у разові піщано-глинясті форми, у виробництві найпоширенішими такі способи лиття: відцентрове лиття; лиття в оболонкові форми; лиття в кокіль; лиття за моделями, що виплавляються, лиття під тиском.

### 4.3.1 Відцентрове лиття:

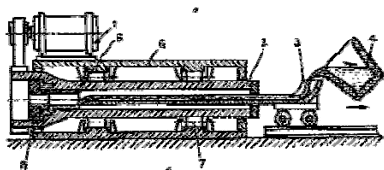


Рисунок 8 - Труболиварна відцентрова машина

- 1- електродвигун;
- 2- форма;
- 3- жолоб;
- 4- ківш;
- 5- рівностінковий виливок;
- 6- кожух;
- 7- ролики привода;
- 8- пісковий стрижень

При відцентровому литті сплав заливається у форми, що обертаються. Формування виливка здійснюється під дією відцентрових сил, що забезпечує високу густину і механічні властивості виливків.

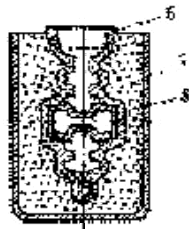
Відцентровим литтям виготовляють виливки у металевих, піщаних, оболонкових формах і формах з виплавленими моделями на відцентрових машинах з горизонтальною і вертикальною віссю обертання.

Відцентровим литтям можна одержати тонкостінні виливки зі сплавів з низькою текучістю, що неможливо зробити іншим способом лиття.

Недолік: наявність усадкової пористості, неметалевих включень на внутрішніх поверхнях; можливість появи дефектів у вигляді поздовжніх і поперечних тріщин, газових пазирів.

Переваги – отримання внутрішніх порожнин трубних заготовок без застосування стрижнів, економія сплаву за рахунок відсутності ливникової системи, можливість отримання двошарових заготовок.

#### 4.3.2 Лиття в оболонкові форми:

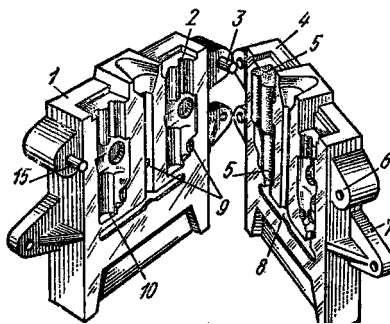


- 1 – оболонка моделі і ливникової системи;
- 2 – чавунний дріб;
- 3 – оболонковий стрижень

Рисунок 9 - Зібрана оболонкова форма

Це процес отримання виливків з розплавленого металу у формах, виготовлених з використанням оболонки-шкаралупи, знятої з моделі. Для цього може застосовуватися гаряче модельне оснащення і термотверднучі піщано-смоляні суміші. Під дією теплоти підігрітої модельної плити термореактивна смола в прилеглому шарі розплавляється, склеює складові суміші і твердне з утворенням піщано-смоляної оболонки завтовшки 5-15 мм. Для отримання форми напівформи склеюють або з'єднують іншими способами. Зібрані форми укладають на пісок або засипають чавунним дробом.

#### 4.3.3 Лиття в кокіль:



- 1,4- напівформи кокілю;
- 10 – робоча порожнина;
- 5 – піщаний стрижень;
- 7 – приливки для закріплення у верстаті;
- 15,3,6 – центрувальні пристрої;
- 8 – ливник;
- 9 – отвори для виштовхування вилівка;
- 2- випарник

Рисунок 10 - Кокіль з вертикальною лінією площі рознімання

Це виготовлення виливків з розплавленого металу у металевих формах-кокілях. Формування вилівка відбувається при інтенсивному відведенні теплоти від розплавленого металу до масивного металевого кокілю, що забезпечує вищу щільність металу і механічні властивості, ніж у виливків, одержаних в піщаних формах.

Робоча поверхня кокілю заздалегідь нагрівається до 150-180 °С і покривається шаром вогнетривкого покриття.

Стрижень може бути металевий або піщаний.

Лиття у кокіль дозволяє скоротити або уникнути витрати формувальних і стрижневих сумішей, трудомістких операцій формування і вибиття форм, підвищити точність розмірів і знизити шорсткість поверхні, поліпшити механічні властивості.

Недоліки кокільного лиття: висока трудомісткість виготовлення кокілів, їх обмежена стійкість, трудність виготовлення складних за конфігурацією виливків.

#### 4.3.4 Лиття за моделями, що виплавляються

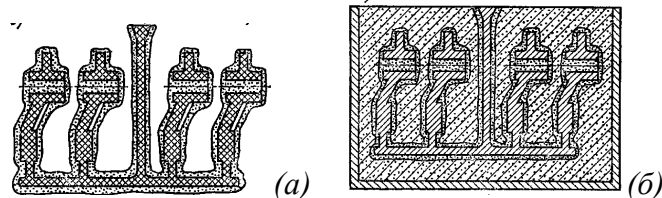


Рисунок 11 - Моделі деталі та ливникової системи, виготовлені з легкоплавкої речовини з нанесеним шаром вогнетривкого матеріалу (а); підготовлена форма, залита металом (б)

Процес отримання виливків з розплавленого металу у формах, робоча порожнина яких утворюється завдяки видаленню (витіканню) легкоплавкого матеріалу моделі при

її попередньому нагріванні чи випаровуванню безпосередньо при заливанні рідкого металу.

Моделі, що виплавляються, виготовляють у прес-формах з модельних сумішей, що містять парафін, віск, стеарин, жирні кислоти.

Лиття за моделями, що виплавляються, забезпечує отримання точних і складних виливків з різних сплавів масою 0,02-15 кг з товщиною стінки 0,5-5 мм завдяки відсутності потреби у площині рознімання.

Недоліками є складність і тривалість процесу виробництва виливків, застосування спеціального дорогого оснащення.

#### 4.3.5 Лиття під тиском

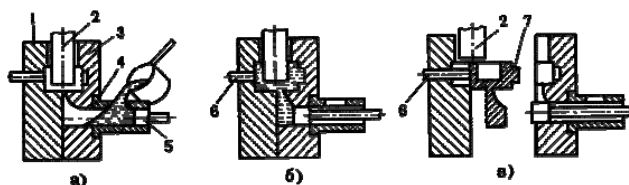


Рисунок 12 - Технологічні операції виготовлення виливків на машинах з горизонтальною холодною камерою пресування:

1,3 – прес-форма; 2- металевий стрижень; 4 – циліндр;  
5 – поршень; 6 – виштовхувач; 7 – виливок.

Одержують виливки у металевих формах (прес-формах), при цьому заливання металу у форму і формування виливки здійснюють під тиском. Розрізняють лиття під високим тиском (40-100 МПа) – як правило, рідкий метал втискається у прес-форму за допомогою плунжера-поршня, та лиття під низьким тиском (10-30 МПа) - тиск створюється за допомогою стиснутого інертного газу.

Лиття під тиском використовують у масовому і великосерійному виробництві виливків з мінімальною товщи-

ною стінок 0,8 мм, з високою точністю розмірів і малою шорсткістю поверхні, без механічної обробки або з мінімальними припусками, з високою продуктивністю процесу.

Недоліки: висока вартість прес-форми і устаткування, обмеженість габаритних розмірів і маси виливків, наявність повітряної пористості у масивних частинах виливка.

## **5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

5.1 Підготувати модельно-опокові комплекти, формувальний інструмент, робоче місце, одержати у викладача модель деталі.

5.2 Розплавити сплав і нагріти його до температури заливання.

5.3 Підготувати формувальну суміш, для чого:

- просіяти кварцовий пісок і засипати його у млинові бігуни;

- додати бентоніт і воду у такій пропорції 90% кварцового піску, 5-6% бентоніту, 4-3% води;

- включити змішувальні бігуни і протягом 2-3 хв розмішувати суміш, а потім висипати її в ємність.

5.4 Виготовити разову форму за рознімною моделлю у двох опоках в такій послідовності:

5.4.1 Підготовка моделі. Перевірити модель, що складається з двох половин, очистити її від пилу, а для усунення налипання суміші до моделі протерти її гасом або графітом.

5.4.2 *Виготовлення нижньої напівформи:*

5.4.2.1 Нижню половину моделі плоскою стороною укласти на модельну плиту, потім установити нижню опоку робочою площиною вниз з урахуванням місця для ливникової системи.

5.4.2.2 Нанести на модель шар облицювальної суміші товщиною 15 мм. Облицювальна суміш додатково просіюється через сито і дещо ущільнюється.

5.4.2.3 Заповнити об'єм опоки, що залишився, наповнювальною формовою сумішшю з одночасним її ущільненням ручним трамбуванням.

5.4.2.4 Зрізати надлишки формувальної суміші металевою лінійкою врівень з крайкою опоки.

5.4.2.5 Зробити душником (спеціальною металевою голкою) вентиляційні отвори.

5.4.2.6 Перевернути отриману напівформу площиною рознімання нагору.

5.4.2.7 Перевірити площину рознімання і за необхідності прогладити гладилкою.

#### 5.4.3 *Виготовлення верхньої напівформи*

5.4.3.1 Встановити на нижню напівформу верхню опоку, зацентрувати її штирями.

5.4.3.2 Площину рознімання покрити тонким шаром сухого піску.

5.4.3.3 Встановити верхню половину моделі.

5.4.3.4 Встановити модель стояка і випару.

5.4.3.5 Нанести на модель через сито облицювальну суміш і дещо її ущільнити.

5.4.3.6 Заповнити об'єм верхньої опоки, що залишився, наповнювальною сумішшю з одночасним ущільненням.

5.4.3.7 Зрізати надлишки формувальної суміші врівень з крайкою опоки.

5.4.3.8 Зробити наколювання вентиляційних каналів.

5.4.3.9 Гладилкою навколо стояка вирізати ливникову чашу і видалити модель стояка і випару.

#### 5.4.4 *Підготовка форми до заливання*

5.4.4.1 Зняти верхню напівформу, перевернути її площиною рознімання нагору і покласти на формувальний стіл.

5.4.4.2 На площинах рознімання прорізати гладилкою у верхній напівформі шлаковловлювач, у нижній - живильник.



5.4.4.3 По черзі вкрутити підйомник в отвір нижньої і верхньої половин моделей, злегка простукати моделі, обережно, без перекосів видалити їх з верхньої і нижньої напівформ.

5.4.4.4 Зробити огляд якості виготовленої форми і виправити можливі дефекти.

5.4.4.5 Оглянути порожнину форми і за потреби очистити.

5.4.4.6 Установити у нижню напівформу попередньо виготовлений стрижень.

5.4.4.7 Скласти форму під заливання, для чого верхню напівформу на штирях, що центрують, установити на нижню. Потім на верхню напівформу за необхідності покласти вантаж.

5.5 Заливають форму металом (або парафіном) і після охолодження виймають готовий виливок, руйнуючи форму.

5.6 Очищають виливок від формувальної суміші і визначають його якість.

5.7 Прибирають робоче місце.

## **6 ЗМІСТ ЗВІТУ**

Звіт повинен містити:

6.1 Мету роботи.

6.2 Короткі теоретичні відомості в обсязі, достатньому для відповідей на контрольні питання.

6.3 Ескізи деталей, моделі, ливарної форми (розріз) і вилівка з нанесеними основними розмірами.

6.4 Висновки про виконану роботу і якість одержаного вилівка.

## 7 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ

Кожен студент зобов'язаний виконувати правила техніки безпеки під час роботи з електроустаткуванням, нагрівальними пристроями і змішувальними бігунами згідно з інструкцією з ТБ лабораторії.

Про проходження інструктажу з техніки безпеки студент розписується в лабораторному журналі.

## 8 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 8.1 Ливарне виробництво - це...
- 8.2 Яке основне завдання ливарного виробництва?
- 8.3 Які властивості сплавів для ливарного виробництва є визначальними?
- 8.4 Особливості лиття сірого чавуну.
- 8.5 Особливості лиття ковкого чавуну.
- 8.6 Особливості лиття сталі.
- 8.7 Особливості лиття алюмінієвих сплавів.
- 8.8 Особливості лиття мідних сплавів.
- 8.9 Особливості лиття магнієвих сплавів.
- 8.10 Особливості лиття тугоплавких сплавів.
- 8.11 Що таке «ливарна форма»?
- 8.12 Назвіть елементи ливарної піщано-глинястої форми.
- 8.13 Що таке «ливарне технологічне оснащення»?
- 8.14 Що таке «модельний комплект»?
- 8.15 Що таке «модель»?
- 8.16 Для чого потрібен «РМФ»?
- 8.17 Для чого потрібні стрижневі знаки?
- 8.18 Які основні елементи ливникової системи...?
- 8.19 Для чого потрібні додатки?
- 8.20 Для чого потрібні газовідвідні канали?
- 8.21 Для чого потрібна підмодельна плита?
- 8.22 Які функції виконують опоки? З чого їх зроблено?

- 8.23 Які функції виконує стрижень? З чого його зроблено?
- 8.24 Які функції виконує стрижневий ящик? З чого його зроблено?
- 8.25 Що таке припуск на механічну обробку?
- 8.26 З чого складається технологічний припуск?
- 8.27 Що таке напуск?
- 8.28 Що таке ливарні ухили? Їх приблизна величина?
- 8.29 Що таке приливи?
- 8.30 Для чого потрібні формові суміші? Які вони бувають?
- 8.31 Перелічіть основні операції виготовлення ливарних форм і отримання виливка.
- 8.32 Від чого залежить вибір способу виготовлення форми?
- 8.33 Сутність виготовлення форми у двох опоках. Коли застосовується?
- 8.34 Сутність виготовлення форми у трьох опоках. Коли застосовується?
- 8.35 Сутність виготовлення форми шаблонами. Коли застосовується?
- 8.36 Сутність виготовлення форми в кесонах. Коли застосовується?
- 8.37 Сутність виготовлення форми в стрижнях. Коли застосовується?
- 8.38 Сутність машинного формування. Типи машин.
- 8.39 Сутність вакуумного формування. Коли застосовується?
- 8.40 Сутність безопокового формування. Коли застосовується?
- 8.41 Які операції включає виготовлення стрижнів?
- 8.42 Перелічіть обладнання для плавлення сплавів перед заливанням у форми.
- 8.43 Яким чином здійснюється контроль якості виливків?

- 8.44 Які є дефекти лиття за розмішуванням. Перелічіть їх.
- 8.45 Дайте визначення процесу «відцентрове лиття». Коли воно застосовується?
- 8.46 Дайте визначення процесу «лиття в оболонкові форми». Коли застосовується?
- 8.47 Дайте визначення процесу «лиття в кокіль». Коли застосовується?
- 8.48 Дайте визначення процесу «лиття за моделями, що виплавляються». Коли застосовується?
- 8.49 Дайте визначення процесу «лиття під тиском». Коли застосовується?
- 8.50 Які дефекти можуть бути виправлені, яким чином?

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов. -М.: Машиностроение, 1977. -664 с.: ил.
2. Прейс Г.А. Технология конструкционных материалов.-К.: Высшая школа, 1984.
3. Марченко С.В. Ливарне виробництво. -Суми: Вид-во СумДУ, 2007. – 30 с.

Лабораторна робота 3  
«Зміна властивостей сплавів і основних величин  
деформації при прокатці»

## **I МЕТА РОБОТИ**

- 1.1 Вивчити сутність і особливості плющення.
- 1.2 Визначити зміну основних величин деформації і твердості сплавів.

## **2 ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ, ІНСТРУМЕНТИ І МАТЕРІАЛИ**

- 2.1 Лабораторний прокатний стан.
- 2.2 Вихідні заготовки-зразки із свинцю, міді, алюмінію та інших металів і сплавів.
- 2.3 Мірительний інструмент: штангенциркуль, металеві лінійки.
- 2.4 Муфельна електропіч, твердомір.

## **3 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Прокатка є одним з високопродуктивних і ефективних технологічних процесів обробки металів тиском (ОМТ) для формоутворення заготовок. Сутність прокатки полягає у пластичній деформації металу при пропусканні його між валками, що обертаються.

Метал заготовки силами тертя втягується в зазор між валками, що обертаються, величина якого повинна бути менше від товщини вихідної заготовки, і деформується тільки на деякій ділянці АССА - зоні деформації (заштрихована на рис. 1).

У міру обертання валів і руху заготовки вперед зона деформації ніби переміщається по прокатуваному металу.

У процесі пластичної деформації об'єм матеріалу заготовки залишається постійним, змінюються її розміри (довжина, ширина, товщина) і форма поперечного перерізу без порушення цілісності матеріалу.

При подовжній прокатці швидкість руху матеріалу після деформації більша, ніж до деформації, оскільки значні сили контактної тертя перешкоджають перебігу металу уздовж осі робочих валів, і згідно із законом якнайменшого опору переважно змінюється довжина, а не ширина заготовки.

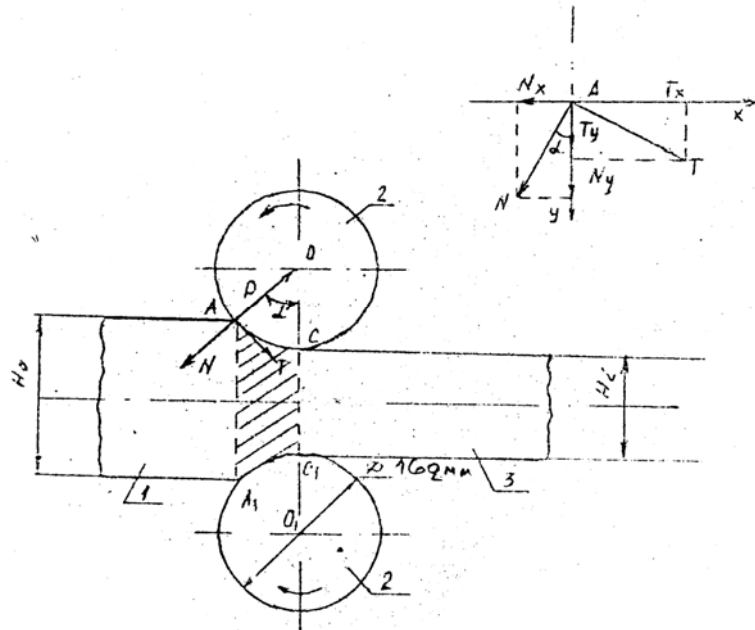


Рисунок 1 - Схема подовжнього плющення: 1 - вихідна заготовка; 2 - робочі валяння; 3 - отримувана заготовка (прокат)

У точках початкового контакту заготовок з тими, що обертаються (т. А; А1), на матеріал заготовок і валяння діють сили тиску  $N$  і сили тертя, співвідношення між якими і визначатиме умову захоплення металу валками. Дуга АС, по якій вал контактує із заготовкою, називається дугою захоплення, а центральний кут  $\alpha$ , що спирається на цю дугу, кутом захвату. Розклавши сили на складові, одержимо

$$T_x > N_x \text{ або } T \cdot \cos\alpha > N \cdot \sin\alpha.$$

Виразивши, силу тертя через  $T = f \cdot N$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя, одержимо

$$f \cdot N \cdot \cos\alpha > N \cdot \sin\alpha \text{ або } f > \tan\alpha. \quad (1)$$

Проекції сил  $T_q$  і  $N_q$  будуть виробляти пластичну деформацію. Таким чином, умова захоплення вимагає, щоб коефіцієнт тертя між валками і матеріалом заготовки був більший тангенса кута захоплення. При гарячій прокатці сталі гладкими валками кут  $\alpha$  в  $15-24^\circ$ , при холодній -  $3-8^\circ$ .

Умова захоплення обмежує кут  $\alpha$ , який зв'язаний абсолютним обтисканням за один пропуск ( $H_{i-1} - H_i$ ) і діаметром валів  $D$  (162 мм), таким виразом:

$$\cos \alpha = 1 - \frac{H_{i-1} - H_i}{D}. \quad (2)$$

Аналізуючи вираз (2), бачимо, що чим більший діаметр валків  $D$ , тим більша може бути вихідна товщина заготовки ( $H_{i-1}$ ), тобто потужність прокатного стану визначається діаметром робочих валків: чим більший діаметр валків, тим могутніший стан і тим більшу заготовку він може прокатувати.

Для характеристики деформації при прокатці користуються абсолютними і відносними величинами, а також коефіцієнтами.

Різницю між вихідною  $H_0$  і кінцевою  $H_i$  товщинами заготовок називають абсолютним обтисканням ( $\Delta h$ ):

$$\Delta h = H_0 - H_i.$$

Різницю між кінцевою і вихідною ширинами заготовки - абсолютним розширенням ( $\Delta b$ ):

$$\Delta b = b_i - b_o.$$

Різницю між кінцевою і вихідною довжинами заготовки - абсолютною витяжкою:

$$\Delta l = Z_i - Z_o.$$

Відносні величини деформації:

$$\frac{\Delta h}{H_o} \% = \frac{H_o - H_i}{H_o} \cdot 100\% \quad - \text{відносне обтискання};$$

$$\frac{\Delta b}{B_o} \% = \frac{B_i - B_o}{B_o} \cdot 100\% \quad - \text{відносне розширення};$$

$$\frac{\Delta l}{Z_o} = \frac{Z_i - Z_o}{Z_o} \cdot 100\% \quad - \text{відносна витяжка}.$$

Коефіцієнти деформації при прокатці:

$$\lambda = \frac{H_o}{H_i} \quad - \text{коефіцієнт обтискання};$$

$$\mu = \frac{Z_i}{Z_o} \quad - \text{коефіцієнт витяжки}.$$

Одноразове проходження заготовки між валяннями, що обертаються, зі встановленим між ними зазором називається пропуском. Для здійснення наступного пропуску зазор між валками зменшується.

Пластична деформація - це складний фізико-хімічний процес, при якому змінюються не тільки форма і розміри вихідної заготовки, але й її механічні, фізичні властивості та будова. Залежно від температурно-швидкісних умов деформації при обробці тиском можуть проходити зміцнювальні і знеміцнені процеси: наклеп, повернення і рекристалізація.



Наклеп - явище зміцнення металу при пластичній деформації, яке супроводжується спотворенням кристалічної структури (рис. 2), підвищенням твердості (НВ), межі міцності ( $\sigma_B$ ) і текучості ( $\sigma_{0,2}$ ), коерцитивної сили ( $H_c$ ), електроопору ( $\rho$ ), зниженням магнітної проникності ( $\mu$ ), характеристик пластичності: відносного подовження ( $\delta$ ), зрушення ( $\psi$ ), ударної в'язкості ( $O_H$ ), а структура одержує волоконну будову.

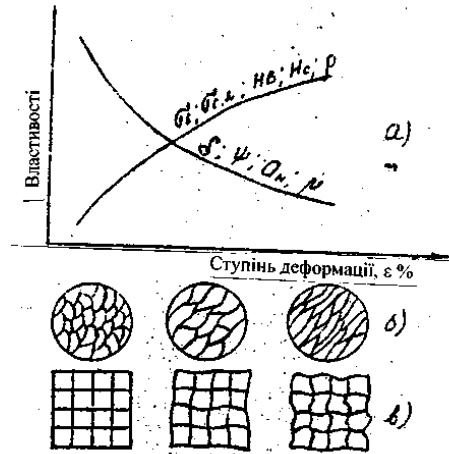


Рисунок 2 – Характер зміни властивостей (а), структури (б) і будови (в) кристалічних ґраток

Повернення - процес часткового відновлення в деформованому металі спотвореної кристалічної структури і зменшення напруг, але при цьому розміри і форма деформованих зерен не змінюються. Для чистових металів повернення проходить при температурах  $T = (0,25 - 0,3) \cdot T_{пл}$  (де  $T_{пл}$  - абсолютна температура плавлення металу).

Рекристалізація - явище зародження і зростання в деформованому металі нових рівноосьових зерен з неспот-

вореною кристалічною структурою, супроводжуване повним зняттям залишкових напруг і наклепу. Для чистих металів процес рекристалізації починає проходити при  $T_p = 0,4 \cdot T_{пл}$ .

Залежно від того, який з процесів переважає, обробку тиском підрозділяють на гарячу, неповну гарячу, неповну холодну і холодну деформацію.

При гарячій обробці тиском зміцнення, одержуване металом у момент деформації, повністю знімається рекристалізацією, метал одержує рівноважну мікроструктуру. Розмір зерен в основному залежатиме від температури кінця обробки тиском (прокатка) і ступеня деформації. Слід пам'ятати, що ліквідуючи структуру строчки деформованого металу (текстуру), рекристалізація не змінює його волоконної будови, оскільки витягнуті при деформації неметалеві включення рекристалізації не піддаються і зберігає після прокатки (рис. 3) свою форму.

Неповна гаряча деформація характеризується тим, що рекристалізація не встигає охопити всі деформовані зерна, і в металі з'являються залишкові напруги. Така деформація відбувається при температурах, близьких до температури рекристалізації ( $T_p$ ). Чим більша швидкість деформації (прокатка), тим більше зерен не встигає піддатися рекристалізації. Необхідно пам'ятати, що неповна гаряча, деформація особливо небезпечна для малопластичних сплавів.

Холодна деформація металу супроводжується інтенсивним зміцненням з утворенням великих залишкових напружень. Зерна набувають витягнутої форми стосовно до зовнішнього навантаження, формується текстура, анізотропія властивостей металу після прокатки. Міцність металу внаслідок холодної деформації різко збільшується, а пластичність суттєво зменшується.

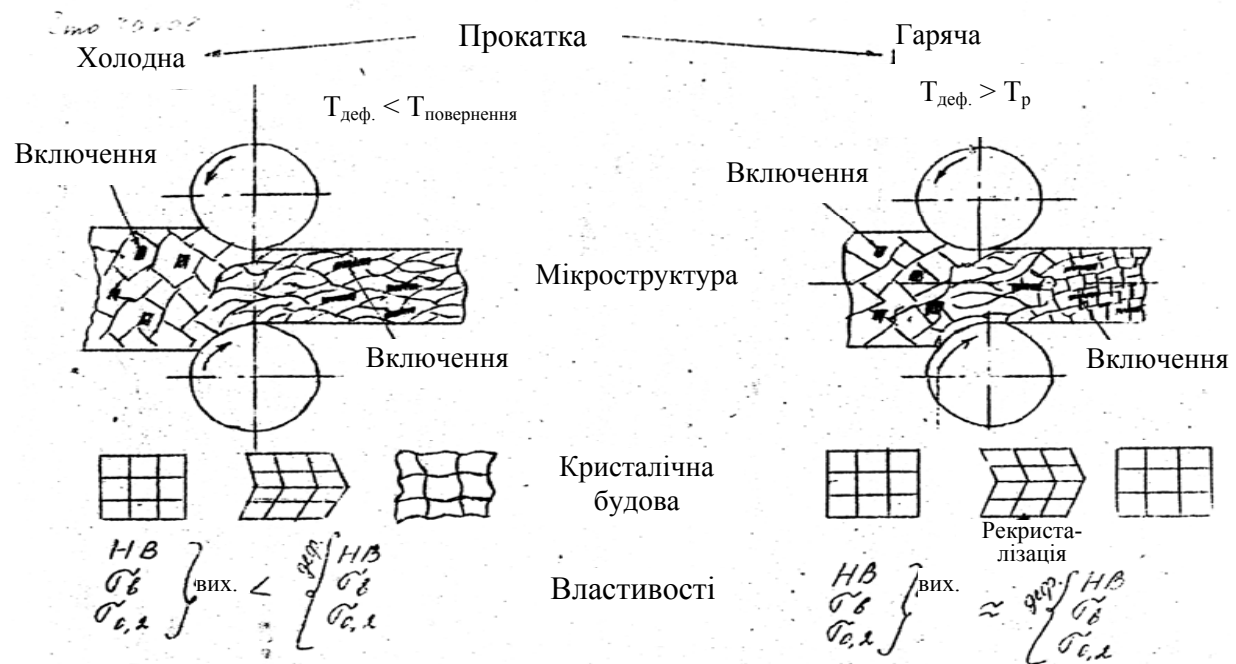


Рисунок 3 – Схема впливу видів прокатки на зміну структури і властивостей матеріалу заготовки

Холодна деформація здійснюється при температурах, нижчих від температур повернення, і часто використовується для отримання прокату, з особливими фізико-механічними властивостями.

#### 4 ОБЛАДНАННЯ І ПРОДУКЦІЯ ПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Прокатка здійснюється на прокатних станах (рис. 4), що є сукупністю привода (1), редуктора (2), шестерінчастої кліти (3); шпинделів (8) однієї або декількох робочих клітей, які складаються з комплекту прокатних валків (4), станини (5) і механізму регулювання (7) переміщення валків (6). По числу валків у робочих клітях стани підрозділяють на стани дуо, кварто і багатовалкові. Слід пам'ятати, що робочих валків завжди тільки два, тих, які безпосередньо контактують з металом заготовки, що деформується.

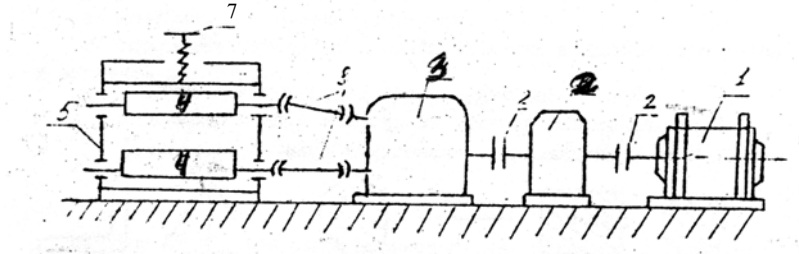


Рисунок 4 - Схема прокатного стану

Подовжня прокатка здійснюється гладкими і рівчаківими валками (рис.5), виготовленими із сталі або чавуну. Гладкі валки застосовують для прокатки листа, смуги, стрічки і фольги, а рівчаківі - для отримання різного сортаменту прокату.

Рівчаківим називають виріз на боковій поверхні валка, а суміжні два рівчаки утворюють калібр. Кожна пара рівчаківих валків як правило утворює декілька калібрів.

Форма поперечного перерізу прокатного виробу залежить від калібра валків і називається профілем. Сортамент прокату визначається сукупністю профілів і розмірів прокатаного металу. За сортаментом продукція прокатного виробництва поділяється на такі групи: сортовий, листовий, трубний і спеціальний (періодичний) прокат.

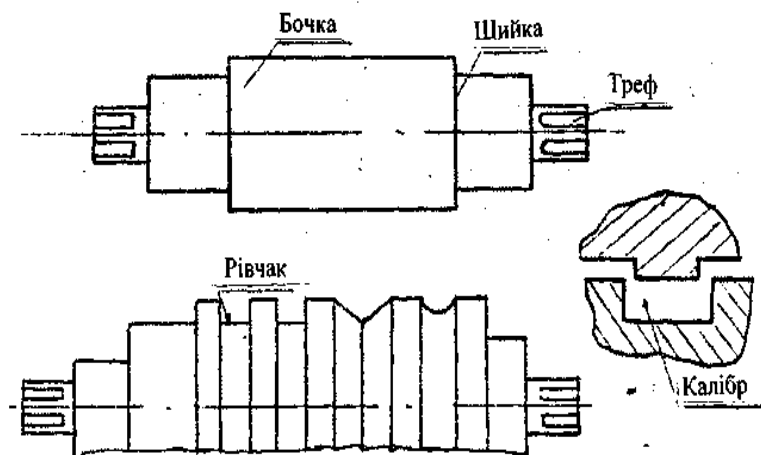


Рисунок 5 – Прокатні валки для деформації

Сортовий прокат ділиться на профілі загального призначення (рис. 6 а) і спеціального призначення (рис. 6 б).

У державному стандарті на сортамент прокату наведені: площа поперечного перерізу, розміри, маса одного метра довжини профілю і допустимі відхилення від номінальних розмірів.

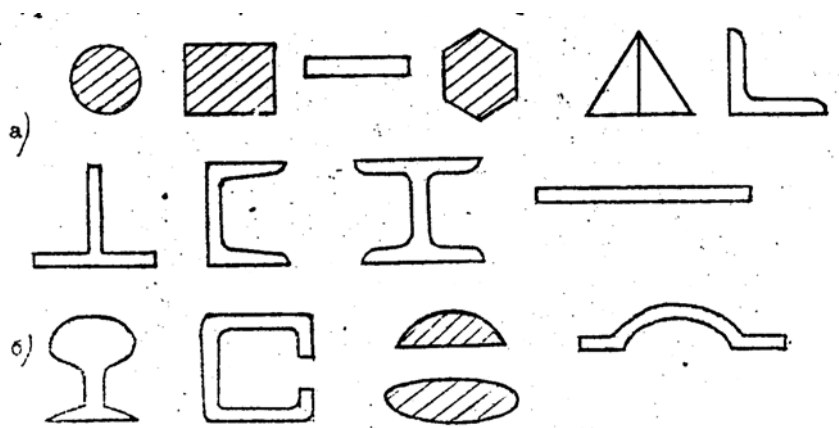


Рисунок 6 – Профілі сортового прокату: а) загального призначення; б) спеціального призначення

## 5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

5.1 Виміряти вихідні розміри заготовки ( $H_0, B_0, Z_0$ ).

5.2 Провести прокатку заготовки.

5.3 Виміряти товщину  $H_i$ , ширину  $B_i$ , довжину  $Z_i$ , значення твердості (HRC) після кожного з пропусків і записати результати вимірювань у таблицю 1.

5.4 За одержаними даними експерименту і формулами розрахувати:

а) абсолютне обтискання, розширення, витяжку і записати в таблицю 1;

б) відносні величини обтискання, розширення, витяжки і записати в таблицю 1;

в) коефіцієнт обтискання і витяжки;

г) визначити значення кута захоплення при кожному з пропусків і записати в таблицю 1.

Таблиця 1 - Вплив пластичної деформації (ПД) на зміну геометричних розмірів і твердості

Матеріал	Номер зразка після ПД	Розміри заготовки			Основні величини деформацій								Твердість HRC	Кут Захоплення	
		H	Y	Z	абсолютна, мм			відносна, %			Коефіцієнт			cos $\alpha$	$\alpha$
					$\Delta h$	$\Delta B$	$\Delta \ell$	$\frac{\Delta h}{H_0}$	$\frac{\Delta B}{B_0}$	$\frac{\Delta \ell}{Z_0}$	$\lambda$	$\mu$			
	0	H <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	Z <sub>0</sub>											
	1	H <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>											
	....	...	...	...											
	i	H <sub>i</sub>	B <sub>i</sub>	Z <sub>i</sub>											

5.5 Побудувати графіки залежності:

$$\frac{\Delta V_i}{V_0} \% = f(\lambda); \quad \frac{\Delta \ell_i}{Z_0} \% = f(\lambda); \quad \text{HRC} = f(\lambda).$$

## 6 ЗМІСТ ЗВІТУ

6.1 Мета роботи.

6.2 Короткі відомості про процес прокатки зі схемою дії сил при захопленні металу валками.

6.3 Опис лабораторного прокатного стану, за схемою.

6.4 Розрахунки основних величин деформації і кута захоплення.

6.5 Графіки залежностей:

$$\frac{\Delta V_i}{V_0} \% = f(\lambda); \quad \text{HRB} = f(\lambda); \quad \frac{\Delta \ell_i}{Z_0} \% = f(\lambda).$$

6.6 Висновки за результатами роботи.

## 7 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

7.1 Сутність процесу плющення.

7.2 Умова захоплення металу валками. Висновки, формули і визначення.

7.3 Аналіз виразу  $\cos \alpha = 1 - \frac{H_{i-1} - H_i}{D}$ .

7.4 Абсолютні величини деформації при прокатці (обтискання, розширення і подовження).

7.5 Відносні величини деформації при прокатці.

7.6 Визначення коефіцієнтів деформації при прокатці.

7.7 Схема пристрою прокатного стану.

7.8 Призначення і пристрій гладких і рівчакових прокатних валків. Рівчаки і калібри.



7.9 Аналіз виразів  $\frac{\Delta V_i}{V_0} \% = f(\lambda)$  і  $\frac{\Delta \ell_i}{Z_0} \% = f(\lambda)$ .

7.10 Сортимент прокатки. Групи сортименту.

7.11 Основні вузли прокатного стану, їх призначення.

7.12 Визначити  $T_p$  для свинцю, міді, заліза.

7.13 У чому виявляються процеси повернення і рекристалізації.

7.14 Як змінюються властивості при прокатці.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов. - М.: Машиностроение, 1985. -С. 62-70.

2. Лахтин С.М., Леонтьева В. П. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1980. - С. 77-120.

3. Арзамасов Б.Н. , Сидорин И. И. и др. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1986. -С. 66-80.

Лабораторна робота 4  
«Термічна обробка вуглецевої сталі»

## 1 ЦІЛІ РОБОТИ

1.1 Навчити студентів самостійно проводити термічну обробку сталі, вибирати режими нагрівання залежно від вмісту вуглецю в сталі.

1.2 Навчити досліджувати мікроструктуру вуглецевих сталей у стані поставки, після відпалу, гартування і відпуску.

1.3 Зробити висновки за результатами практичної частини лабораторної роботи, ґрунтуючись на теоретичних поясненнях.

## 2 ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ І МАТЕРІАЛИ

Для проведення лабораторної роботи необхідно мати таке обладнання, прилади і матеріали:

2.1 Муфельні печі з автоматичним регулюванням температури для проведення відпалу, гартування, нормалізації, відпуску (низького, середнього, високого).

2.2 Металографічні мікроскопи .

2.3 Твердоміри: ТШ і ТК.

2.4 Гартівні ванни: вода, масло.

2.5 Кліщі, шліфувальний папір, протравлювачі.

2.6 Зразки сталей для термообробки  $\varnothing$  15-20 мм,  $\ell$  15-20 мм: сталей 30, 45, У8, У12 по 3 зразки кожної сталі на групу 10-12 осіб.

2.7 Мікрошліфи зразків сталей у стані поставки, після відпалу, нормалізації, гартування і відпуску низького (160-1800С), середнього (360-3800) і високого (550-6000С).

### 3 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Вивчення теоретичних питань термічної обробки сталі почалося з відкриття Д.К.Черновим у 1868 р. критичних точок у сталі.

Властивості металів і сплавів визначаються внутрішньою будовою металів – мікроструктурою.

Одним з ефективних способів, що дозволяють змінювати значною мірою мікроструктуру, є термічна обробка.

Можливість застосування термічної обробки та її ефективність визначаються характером перетворень, що відбуваються в металі у твердому стані у свою чергу, перетворення, а отже, і властивості металів і сплавів виявляються після термічної обробки залежно від хімічного складу сплаву, температури нагрівання, часу витримки і швидкості охолодження.

У зв'язку із зазначеним у теорії термічної обробки розглядаються чотири основні перетворення. Розглянемо це на прикладі евтектичної сталі У8А.

**Перше перетворення** – перетворення при нагріванні перліту, але фазовий склад перліту  $\Pi = \text{Fe}_\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ . Отже  $\text{Fe}_\alpha + \text{Fe}_3\text{C} \rightarrow \text{Fe}\gamma(\text{P})$ .

**Друге перетворення** – перетворення при повільному охолодженні аустеніту  $A_{0,8} \xrightarrow{727-0} \Pi_{0,8}$ ; відбуватимуться фазові перетворення  $\text{Fe}\gamma(\text{P}) \rightarrow \text{Fe}_\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ .

**Третє перетворення** – перетворення при швидкому (миттєвому) охолодженні аустеніту,  $\text{Fe}\gamma(\text{P}) \rightarrow \text{Fe}_\alpha(\text{C})$ . М - мартенсит - пересичений твердий розчин вуглецю в  $\alpha$ -решітці,  $\text{Fe}_\alpha(\text{C})$ .

**Четверте перетворення** – перетворення при нагріванні мартенситу,  $\text{Fe}_\alpha(\text{C}) \rightarrow \text{Fe}_\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ . Розпад мартенситу при нагріванні дає дві фази - ферит і цементит - різної зернистості – це мікроструктури перліту, сорбіту і трооститу.

Будь-який процес термообробки може бути описаний графіком в координатах температура-час. Параметрами процесу є температура нагрівання  $T_n^o$ , час витримки –  $\tau_v$  при температурі нагрівання і швидкості охолодження –  $V_o$ .

В основі теорії термічної обробки лежать фазові і структурні перетворення, що проходять при нагріванні і охолодженні металів і сплавів.

Перетворення характеризуються певними критичними точками.

Якщо простежити згідно з діаграмою Fe + Fe<sub>3</sub>C перетворення при нагріванні і охолодженні сталі У8, то можна навести такі схеми фазових і структурних перетворень (рис.1) при нагріванні сталі У8, що має мікроструктури перліту, до температури 727<sup>0</sup>С ніяких ні фазових, ні структурних перетворень не відбувається. При температурі 727<sup>0</sup>С починається перекристалізація зерна перліту з утворення центрів перекристалізації → утворення зародків → дрібних зерен фази аустеніту, що утворюються на межі двох фаз – цементиту і фериту, з яких складається перліт. При температурі 727<sup>0</sup>С також починається розчинення вуглецю в зернах аустеніту, що знову утворилися.

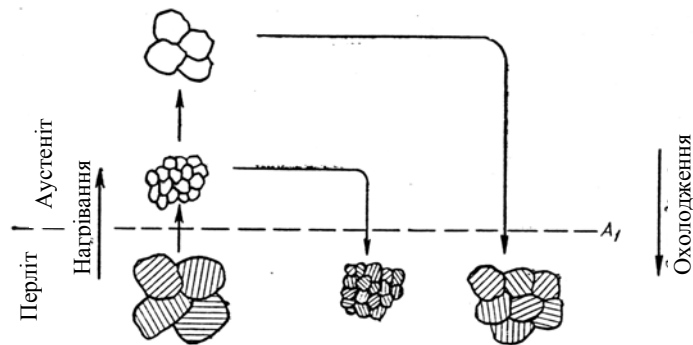


Рисунок 1 – Схема зміни аустенітного зерна перліту залежно від нагрівання в аустенітній області

Якщо сталі заевтектоїдні, то з підвищенням температури розчинність вуглецю в аустеніті змінюється по лінії граничної розчинності SE.

Температуру початку фазового перетворення перліту в аустеніт ( $P \xrightarrow{727} A$ ) називають **нижньою критичною точкою** ( $A_{c1}$ ) - це температура  $727^{\circ}\text{C}$ , а лінію граничної розчинності SE називають геометричним методом **верхніх критичних точок** ( $A_{cm}$  або  $A_{c3}$ ). Нагрівання заевтектоїдної сталі до  $A_{cm}$  супроводжується повним розчиненням цементиту в аустеніті.

У доевтектоїдних сталях при нагріванні вище температури  $727^{\circ}\text{C}$  до лінії GS відбувається розчинення фериту в аустеніті (з перебудовою ґратки ОЦК в ГЦК).

Лінія GS вважається **геометричним місцем верхніх критичних точок для доевтектоїдних сталей** ( $A_{c3}$ ).

Описане вище фазове перетворення іноді називають **першим основним перетворенням** у сталі, або **перетворенням при нагріванні**. Воно завжди супроводжується дифузійним перерозподілом атомів, тобто це **дифузійний процес**.

Якщо аустеніт нагрівати далі до температур значно вище  $727^{\circ}\text{C}$ , аустенітне зерно починає рости. Це добре видно на рис.1.

**Друге і третє основні перетворення – це перетворення при охолодженні аустеніту: друге при повільному, а третє при швидкому – миттєвому.**

Аустеніт є стійким тільки при температурі вище  $727^{\circ}\text{C}$ . Нижче за цю температуру аустеніт стає нестійким, при повільному охолодженні починається його перетворення в продукти розпаду, яке можливе тільки при деякому переохолодженні (друге основне перетворення).

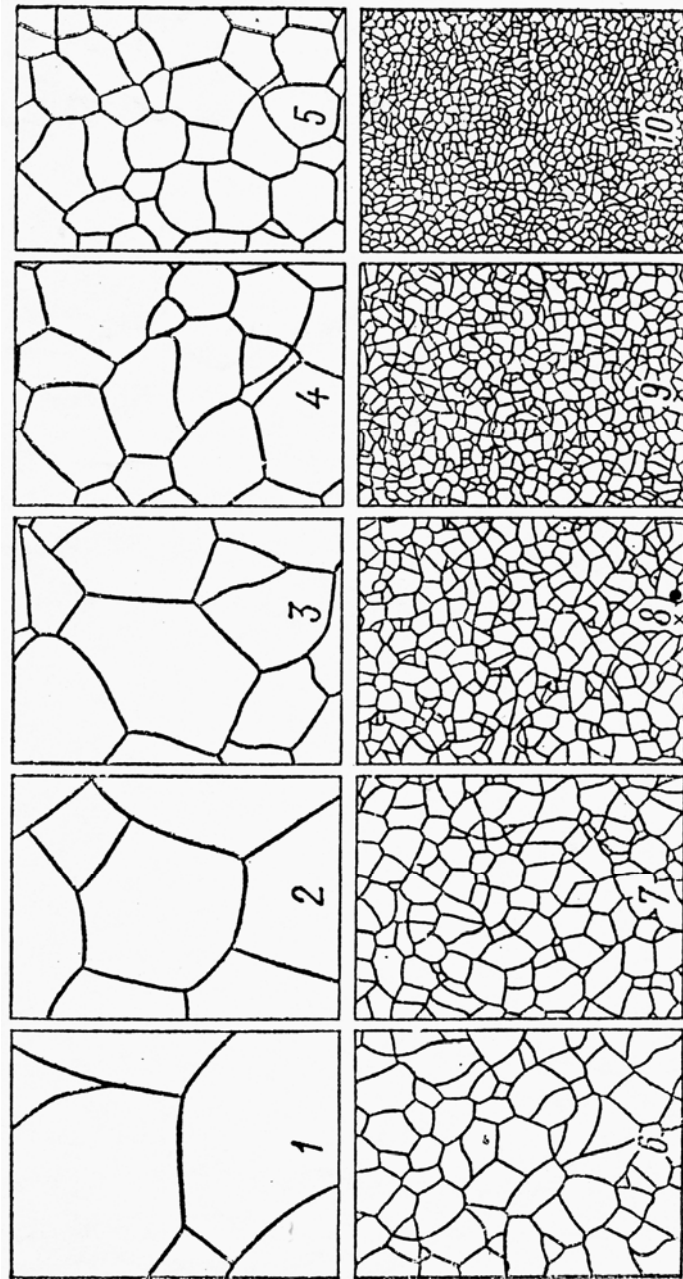


Рисунок 2 – Шкала для визначення розміру зерен:  
1-10 – номер зерен. х100

Ауспеніт характеризується **дійсним** зерном, тобто зерном, існуючим у сталі при даній температурі.

Розмір дійсного зерна ауспеніту залежить від температури нагрівання, тривалості витримки і схильності даної сталі до зростання зерна. На рис. 2 подана шкала зернистості сталі згідно із ГОСТом 5639-82.

При охолодженні розмір зерна зберігається до нормальних температур і при повільному, і при швидкому охолодженні, але при повільному одержуємо велике зерно фериту і перліту, при швидкому – великі голки мартенситу: чим дрібніше зерно ауспеніту, тим дрібніші за голки мартенситу.

Велике зерно характеризується **перегрівом** сталі.

Для випадку евтектоїдної вуглецевої сталі при повільному охолодженні ( $\sim 50-200^{\circ}\text{C}$  за 1 годину) ауспеніт перетворюється на перліт ( $A_{0,8} \rightarrow P_{0,8}$ ), тобто в евтектоїдну (механічну) суміш фериту і цементиту. Чим більше буде переохолодження, тим швидше відбувається процес перетворення. При швидкості охолодження  $300-1000^{\circ}\text{C}$  за 1 секунду ауспеніт перетворюється на мартенсит.

Процес перетворення ауспеніту в перліт супроводжується дифузійним перерозподілом атомів, а у разі великих ступенів переохолодження дифузійні процеси можуть бути пригнічені і процес перетворення ауспеніту в перліт сповільнюватиметься або зникне зовсім, тобто **перетворення ауспеніту відбудеться бездифузійно**

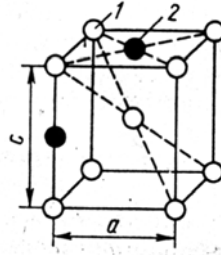


Рисунок 3 – Кристалічна гратка мартенситу

– в мартенсит з тетрагональними кристалічними гратками пересиченого твердого розчину (рис.3).

На діаграмі ізотермічного розпаду ауспеніту (рис.4) видно, що залежно від швидкості охолодження можна

одержати мікроструктури: перліт, сорбіт, троостит (рис.5) мартенсит (рис.6).

Термічна операція, при якій виходить мікроструктура перліту, називається **відпалом**. З рис. 4 видно, що тільки при швидкості, більшій за критичну, можна одержати мартенсит. Мартенсит - голчаста структура.

Три характерні особливості відрізняють мартенситне (**третє основне**) перетворення:

1) **бездифузійність** – склад фаз аустеніту і мартенситу однаковий за хімічним складом. При перетворенні відбувається лише перебудова ґраток;

2) **орієнтованість** – голчаста структура в межах зерна аустеніту;

3) **мартенситне перетворення у сталях**, проходячи у напрямі  $Fe\gamma(P) \rightarrow Fe\alpha(C)$ , не відбувається у зворотному напрямі за бездифузійною кінетикою.

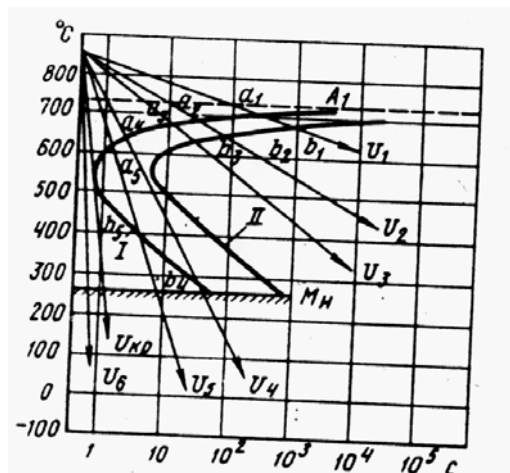


Рисунок 4 – Криві охолодження сталі на діаграмі ізотермічного розпаду аустеніту



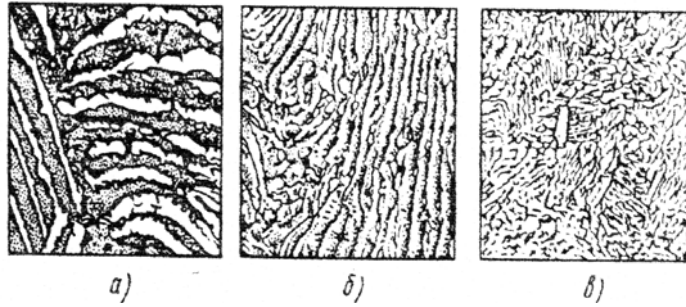


Рисунок 5 – Мікроструктура: а) перліту, б) сорбіту ,  
в) трооститу при 7500<sup>x</sup> збільшенні

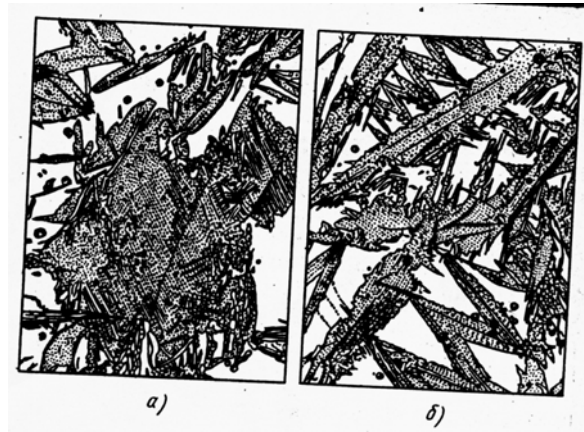


Рисунок 6 – Мікроструктура мартенситу при 1000<sup>x</sup> збільшенні

Твердість усіх структурних складових залежить від вмісту в них вуглецю. При вмісті вуглецю у сталі 0,6% і більше твердість (НВ) перліту ~ 240-260, сорбіту - ~ 280-320, трооститу - ~ 420-480, мартенситу - ~ 600-640.

Термічна операція, при якій виходить мікроструктура мартенситу, називається **гартом**.

Для аустенітно-мартенситного перетворення характерне те, що воно відбувається в інтервалі температур: розпочинається перетворення при температурі  $M_n$ , а закін-

чується при нижчій температурі  $M_K$ . Чим більше в сталі вуглецю, тим нижча температура точок  $M_H$  і  $M_K$ .

При вмісті вуглецю більше 0,6% мартенситне перетворення закінчується при температурах нижче за нуль. Тому, для того щоб у високовуглецевих, у т.ч. легованих, сталях одержати більшу кількість мартенситу, їх слід охолоджувати до температур, нижчих за нуль (рис.7). Проте при температурі кінця мартенситного перетворення ( $M_K$ ) не відбувається повного утворення мартенситу.

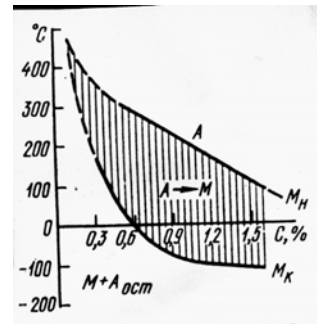


Рисунок 7 – Вплив вмісту вуглецю на температуру початку і кінця мартенситного перетворення

У зв'язку з тим, що об'єм мартенситу більший від об'єму аустеніту і перших голок мартенситу, що утворилися, затискають аустеніт, який за відсутності об'єму не може перетворитися на мартенсит і залишається в мікроструктурі під назвою «залишковий аустеніт».

У середньовуглецевих сталях залишкового аустеніту виходить ~ 3-5%, у високовуглецевих - до 15%.

При ізотермічному перетворенні аустеніту спостерігається так зване бейнітне перетворення: при температурі ізотермічної витримки вище 350<sup>0</sup>С утворюється **верхній бейніт** з твердістю HB ~ 400 з пір'ястою будовою, що нагадує будову перліту.

При температурі ізотермічної витримки нижче 350<sup>0</sup>С утворюється **нижній бейніт** з твердістю HB ~ 550, що має голчасту будову, подібну до будови мартенситу.

**Четверте основне перетворення** – перетворення мартенситу при нагріванні визначає термічну операцію **відпуску**, початковою мікроструктурою є мартенсит гарту, проміжними: мартенсит відпуску, троостомартенсит, троостит, троостосорбіт, сорбіт і перліт.

## 4 ПРАКТИКА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Згідно з описаними вище перетвореннями сталі при нагріванні і охолодженні розрізняють такі основні види термічної обробки: відпал, нормалізацію, гартування, відпуск, обробку холодом, старіння. Комбінованими видами зміцнюючої обробки є термомеханічна і механіко-термічна.

**При гартуванні** сталі фіксується метастабільний, нестійкий напружений стан, при цьому, як правило, збільшуються твердість, міцність, зносостійкість; знижуються пластичність і ударна в'язкість.

**Відпал, нормалізація і відпуск** у протилежність гартуванню дозволяють забезпечити металу рівноважний, стабільний стан; підвищити його пластичність, зменшити твердість.

**4.1 Відпал.** Відпал поділяють на відпал I роду і відпал II роду. При всіх видах відпалу охолодження металу проводиться із швидкістю 50-200<sup>0</sup>С за 1 годину. Практично це охолодження разом з піччю.

**Відпал I роду не** переслідує цілей фазової перекристалізації. Швидше за все це відпал за призначенням. Розрізняють такі види відпалу I роду: дифузійний, рекристалізація, низький.

**Дифузійний** (гомогенізація) відпал застосовується для усунення або зменшення хімічної неоднорідності сталевих злитків і фасонних відливаних особливо з легованих сталей. Неоднорідність хімічного складу обумовлена зональною або дендритною ліквіацією.

Вирівнювання хімічного складу відбувається завдяки високій дифузійній рухомості атомів – переміщенням їх з місць високої концентрації в нижчу через певні енергетичні причини. Для забезпечення високої дифузійної рухо-

мости атомів сталі нагрівають при відпалі до температур 950-1200<sup>0</sup>С з витримкою від 20 до 80-100 год. (рис.15).

**Відпал (рис.15) рекристалізації** застосовують для зняття наклепу, спричиненого пластичною деформацією металу при холодному плющенні, волочінні, штампуванні, видавлюванні та ін. Наклепом називають зміцнення металу внаслідок пластичної деформації, при якій утворюється велика кількість недосконалості кристалічної будови, спотворюються кристалічні ґратки, зерна металу деформуються - витягуються у напрямі дії прикладеної сили, утворюючи текстуру деформації, властивості якої різні вздовж і поперек текстури. При наклепі різко знижується пластичність і втрачається можливість проведення подальшої пластичної деформації.

Відпал рекристалізації виконують при нагріванні до температури ~ 650-700<sup>0</sup>С, що відповідає  $T_{рек} = \alpha T_{пл}$ , де коефіцієнт  $\alpha$  може мати значення від 0,1 до 0,7 і залежить від хімічного складу сталі.

При нагріванні сталі до температур відпалу рекристалізації зростає дифузійна рухомість атомів, у твердому стані відбуваються вторинні процеси кристалізації; на межі деформованих зерен виникають нові центри кристалізації, навколо яких вибудовуються кристалічні ґратки. Замість старих деформованих зерен зростають рівноосьові нові зерна; текстура повністю зникає. При цьому відновлюються пластичні властивості.

**Низький відпал** застосовується для зняття напружень у виробах після зварювання або лиття, для запобігання викривленню виробів при експлуатації і т.д. Температури низького відпалу 650-700<sup>0</sup>С (рис.15).

Низький відпал застосовують також для деталей після обробки різанням.

У всіх виробках у процесі попередніх технологічних операцій через нерівномірне охолодження, неоднорідну пластичну деформацію виникають напруження.

Залишкові напруження можуть спричинити зміни розмірів деталей - викривлення і поводку виробів у процесі подальших операцій механічної або іншої обробки, а також при експлуатації і зберіганні.

При різанні, шліфуванні або доведенні виробів відбувається також мікропластична деформація поверхневого шару, отже, відбувається накопичення розтягувальних напружень, що спричиняють за собою деформацію виробів.

Зміна розмірів у процесі зберігання пов'язана з перерозподілом залишкових напружень при їх релаксації.

При температурі 100-180<sup>0</sup>С знімаються напруження після доведення, шліфування або поверхневого наклепу; при 300-350<sup>0</sup>С після навивання витих пружин.

Тривалість відпалу залежно від призначення деталі від 2-50 годин.

#### **Відпал II роду (фазова перекристалізація).**

Відпал II роду завжди переслідує цілі часткової або повної фазової перекристалізації, полягає у нагріванні сталі до температур вище за точки A<sub>1</sub> або A<sub>3</sub>, витримці і, як правило, подальшому повільному охолодженню (~ 50-200<sup>0</sup>С за 1 годину).

У процесі нагрівання і охолодження у цьому випадку проходять - перетворення, що визначають надалі структуру і властивості сталі.

Після відпалу вуглецевої сталі виходять мікроструктури, вказані на діаграмі стану Fe-Fe<sub>3</sub>C: **ферит + перліт** у доевтектоїдних сталях, в евтектоїдних – **перліт**, в заевтектоїдних - **перліт + вторинний цементит** (рис.8). Після відпалу сталь має низькі твердість і міцність при високій пластичності.

При фазовій перекристалізації **подрібнюється зерно**, усувається відманштеттова структура і рядковість, спричинена ліквациєю – структурна неоднорідність (рис. 9), знімаються внутрішні напруження.

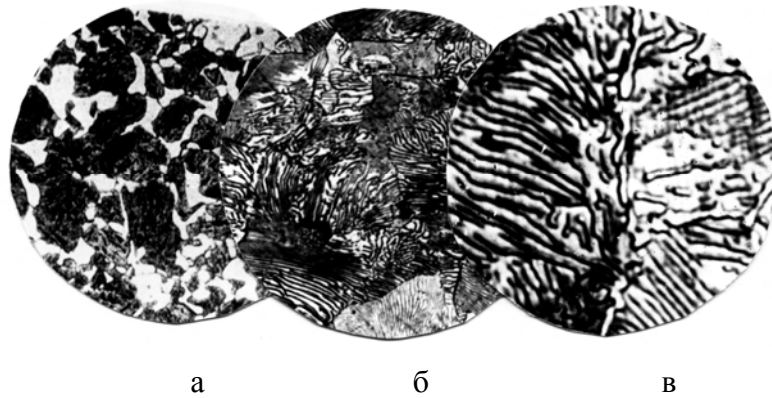


Рисунок 8 – Мікроструктура сталі після відпалу:  
а – доэвтектоїдної; б – эвтектоїдної; в – заэвтектоїдної

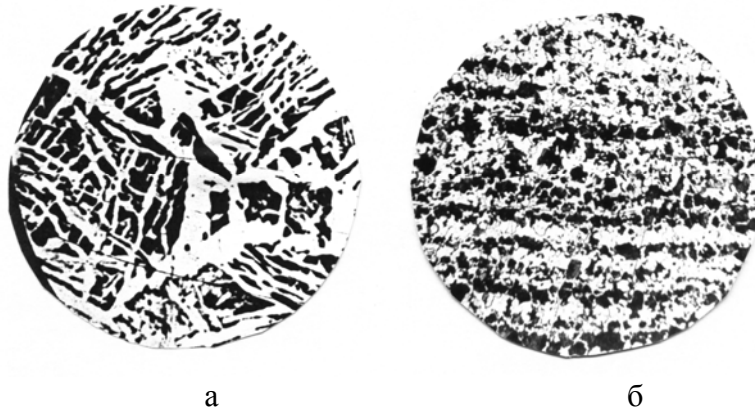


Рисунок 9 – Дефектні структури сталей:  
а – відманштеттова; б - рядковість

Розрізняють такі види відпалу II роду: повний, неповний та ізотермічний.

**Повний** відпал полягає у нагріванні сталі вище за лінію GSE на  $30-50^{\circ}\text{C}$ , що відповідає верхнім критичним точкам  $A_3$ , повного прогрівання при цій температурі, завершення фазових перетворень і подальшому повільному охолодженню зі швидкістю  $\sim 50-200^{\circ}\text{C}/\text{час}$ .

При нагріванні сталі до температури вище за точку  $A_3$  на  $30-50^{\circ}\text{C}$  утворюється аустеніт, що характеризується дрібним зерном, тому при охолодженні утворюється дрібнозерниста структура.

Надмірне підвищення температури нагрівання вище точки  $A_3$  спричиняє зростання зерна, що погіршує властивості металу.

Повний відпал застосовують для до- і евтектоїдних сталей.

Сталі, що містять вуглець до  $\sim 0,3\%$ , замість повного відпалу можна піддавати нормалізації.

**Нормалізація** – це нагрівання сталі вище за верхню критичну точку з охолодженням на повітрі.

**Неповний відпал** відрізняється від повного тим, що сталь нагрівають до нижчої температури (трохи вищій  $A_1$ ), де не відбувається повної фазової перекристалізації.

Неповний відпал використовують для обробки заевтектоїдних вуглецевих і легованих сталей. Нагрівання проводиться до температури  $A_1 + 10-30^{\circ}\text{C}$ , внаслідок чого відбувається перекристалізація зерна, але не відбувається повного розчинення цементиту при дуже повільному охолодженні, який набирає зернистої форми. Такий відпал називають **сфероїдізацією**.

У разі нагрівання до вищих температур розчинений вуглець при охолодженні виділяється у **пластинчастій формі**. Сталь із структурою зернистого перліту має зниже-

ну твердість. Наприклад, сталь У8 із зернистим перлітом – НВ 168, з пластинчастим – НВ 228.

Якщо надмірний цементит сформувався у вигляді сітки по межах зерен – це дефект структури; виріб необхідно піддати нормалізації.

Для високовуглецевих легованих сталей для виправлення структури інколи застосовують **нормалізацію + високий відпуск**.

Ізотермічний відпал (рис. 10) полягає, як правило у нагрівні левованої сталі до температур повного відпалу, витримці для повного фазового перетворення, далі - швидкому охолодженню до точки нижче  $A_1$  – це  $660-680^{\circ}\text{C}$ , витримують при цій температурі 3-6 год. для повного розпаду аустеніту, після чого - охолодження на повітрі. Інколи температуру відпалу застосовують  $930-950^{\circ}\text{C}$ .

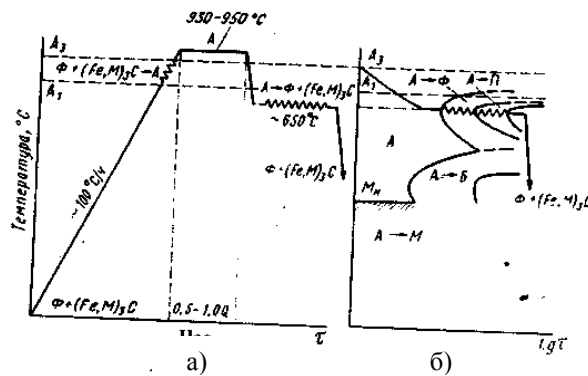


Рисунок 10 – Схема ізотермічного відпалу сталі

Усі види відпалу можуть проводитися в окиснювальній, нейтральній або захисній атмосферах. Найчастіше відпал є підготовчою термічною операцією. Відпалу піддають: прокат сортовий і фасонний, поковки складні, великі відливки, гарячекатані листи, труби, штамповані деталі.



Мікроструктура після ізотермічного відпалу - зернистий перліт.

Усі види відпалу приводять метал в рівноважний стан, підвищують пластичні характеристики і знеміцнюють.

**4.2 Гартування** – це вид термічної обробки, який полягає у нагріванні сталі вище за критичні точки (на 30-50<sup>0</sup>С) з подальшим швидким (300-1000<sup>0</sup>С в с) охолодженням. Гартування завжди приводить метал в нестійкий стан, веде до підвищення твердості і зменшення пластичності та ударної в'язкості. У зафіксованому пересиченому твердому розчині до 1012 недосконалості кристалічної будови спотворені кристалічні грати, утворюються гартівні напруження. Відомо, що **будь-яке спотворення кристалічних граток веде до зміцнення**. Основна структура загартованої сталі мартенсит – пересичений твердий розчин вуглецю в  $\alpha$ -залізі.

Гартування поділяють на повне і неповне.

**Повне гартування** застосовується для доевтектоїдних і евтектоїдних сталей. Температуру гартування призначають вищу за температуру лінії GS на 30-50<sup>0</sup>С, внаслідок чого при нагріві відбувається повне фазове перетворення. Для доевтектоїдної сталі (П+Ф)  $\rightarrow$  А, для евтектоїдної – П  $\rightarrow$  А.

**Неповне гартування** застосовується для заевтектоїдних сталей. Температура гартування призначається вище за температуру 727<sup>0</sup>С (лінія PSK) на 30-50<sup>0</sup>С, при цьому не відбувається повного фазового перетворення (П + Ц)  $\rightarrow$  (А + Ц), тобто цементит не зазнає фазової зміни.

Практично нагрівання евтектоїдних і заевтектоїдних сталей до 727<sup>0</sup>С забезпечує розчинення однакової кількості вуглецю в аустеніті і, отже, забезпечує отримання однакової твердості мартенситу, але різної кількості у загартованій структурі цементиту. Твердість мартенситу залежно від вмісту вуглецю в сталі орієнтовно подана на рис. 12.

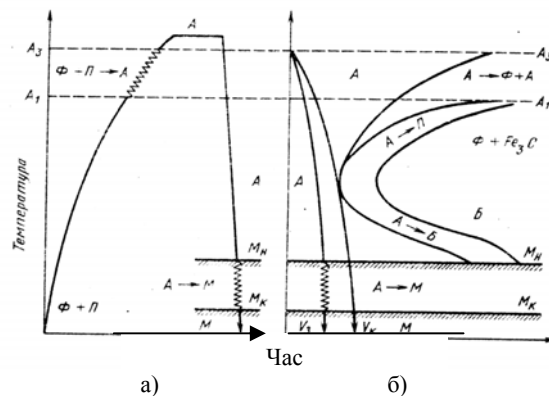


Рисунок 11 - Схема гартування доєвтектоїдної сталі

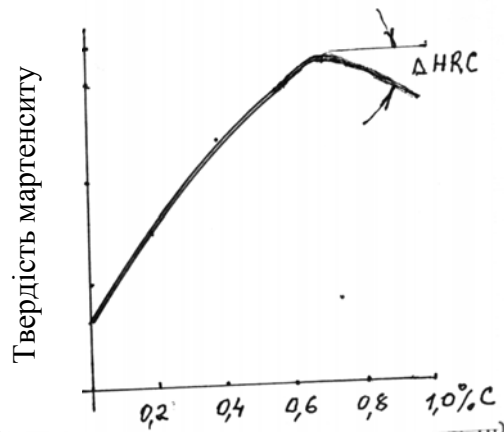


Рисунок 12 - Зміна твердості мартенситу залежно від вмісту вуглецю у сталі

У сталях із вмістом вуглецю 0,6% і більше при гартуванні в структурі мартенситу з'являється залишковий аустеніт, і чим більше за вуглець розчинено в аустеніті, тим більше у структурі мартенситу залишкового аустеніту, тим

більше зниження загальної твердості ( $\Delta\text{HRC}$ ), оскільки твердість аустеніту  $\text{HV} \sim 220$ .

При виборі режиму гартування і нагрівання необхідно враховувати те, що чим вищі температура гартування і тривалість нагрівання, тим більше зерно аустеніту, а відповідно до зерна більше за голку мартенситу і більша крихкість загартованої сталі, тобто величина голок мартенситу залежить від величини зерна аустеніту.

**Ступеневе гартування** полягає у тому, що нагріта до температури гартування деталь охолоджується в розплавлених солях, що мають температуру, трохи вищу за точку  $M_n$  (як правило  $180-250^\circ\text{C}$ ), і витримується в ній порівняно недовго, забезпечивши вирівнювання температури по перетину деталі. Потім деталь охолоджують на повітрі до нормальної температури.

При ступеневому гартуванні зменшуються об'ємні зміни внаслідок наявності великої кількості залишкового аустеніту, це дозволяє проводити рихтування (виправлення) деформованих виробів після витягання їх з гартівного середовища. Ступеневе гартування частіше застосовують для інструменту з вуглецевої сталі діаметром 8-10 мм.

**Ізотермічне гартування** за технологією проведення близьке до ступеневого, але в охолодному середовищі деталі витримуються значно більше часу – поки не відбудеться повного мартенситного перетворення. Сталь може одержати мікроструктуру відпущеного мартенситу або бейніту +10-20% залишкового аустеніту.

За час охолодження при ізотермічному гартуванні відбувається релаксація гартівних напружень. Відпуск після такого гартування не потрібен.

Як охолодне середовище при ізотермічному гартуванні застосовують розплави солей з температурою від  $150-500^\circ\text{C}$ , наприклад  $55\text{KNO}_3 + 45\text{NaNO}_2$  або луги  $20\text{KOH} + 80\text{NaOH}$  з домішкою 5-7%  $\text{H}_2\text{O}$ .

При ізотермічному гартуванні досягається висока міцність при достатній в'язкості, тобто забезпечується значне підвищення конструктивної міцності.

Охолодження у розплавах лугів при ізотермічному гартуванні дозволяє одержати чисту поверхню світло-сірого кольору. Таке гартування називають **світлим**.

На рис.13 подані схеми ступеневого та ізотермічного гартування.

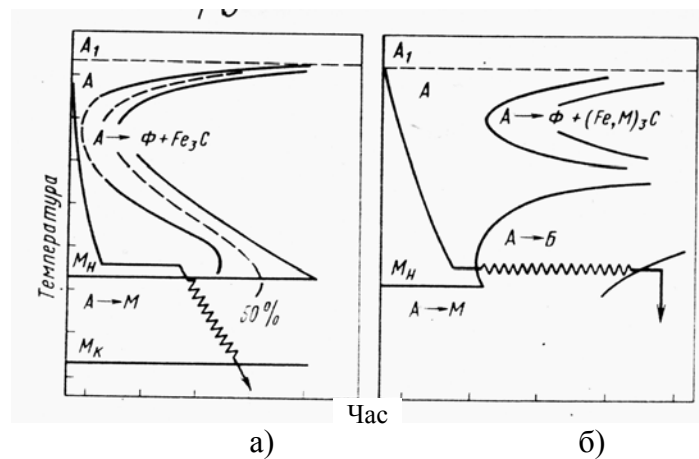


Рисунок 13 – Схема ступеневого гартування евтектоїдної сталі, що містить 0,8% С (а) та ізотермічного гартування легованої сталі (б)

**4.3 Тривалість нагрівання** при гартуванні можна обчислити за формулою

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_{\text{ск}} + \tau_{\text{із}},$$

де  $\tau_{\text{заг}}$  – загальна тривалість нагрівання;

$\tau_{\text{ск}}$  – час кризного прогрівання;

$\tau_{\text{із}}$  – час ізотермічної витримки для того, щоб пройшли усі фазові перетворення.

На практиці термообробки користуються такими даними:

- загальний час нагрівання для вуглецевих сталей 1,0-1,25 хв на 1 мм перетину; для середньолегованих сталей – 1,25-1,5; для високолегованих – 1,5-2,5.

Охолодні середовища при гартуванні підбирають для забезпечення необхідної швидкості охолодження і визначаються з хімічним складом гартованих сталей.

Найпоширенішими є охолодні середовища для сталей:

- із вмістом вуглецю  $< 0,5\%$  - вода;
- із вмістом вуглецю  $> 0,5\%$  через воду у масло.

Для легованих сталей – **масло**. Для високолегованих – розплав солей від 350 до 500<sup>0</sup>С.

Залежно від хімічного складу кожна марка сталі, крім твердості поверхні, характеризується відповідною прогартуваністю. У різних охолодних середовищах прогартуваність різна. Значення прогартуваності можна визначити за номограмою Блантера.

Припустимо, що нам відомий ідеальний критичний діаметр  $D_{\infty}$ , який рівний, наприклад, 48 мм. Знаючи  $D_{\infty}$ , можна визначити за цією номограмою (рис.14) реальний критичний діаметр  $D_k$  для гартування у воді, маслі і на повітрі. Для цього від точки 48 мм на верхній шкалі абсцис опускаємо перпендикуляр до лінії, що характеризує «ідеальне» охолодження ( $\alpha = \infty$ ), і на рівні перетину з цією лінією проводимо горизонтальну пряму. Точки перетину цієї горизонталі з похилими лініями, що характеризують охолодження у воді, маслі і на повітрі, визначають реальні критичні діаметри при охолодженні в цих середовищах; вони відповідно будуть дорівнювати 38, 26 і 3 мм.

Найзручніший і простіший метод визначення прогартуваності і, отже, експериментального визначення «ідеального» критичного діаметра – метод торцевого гартування.

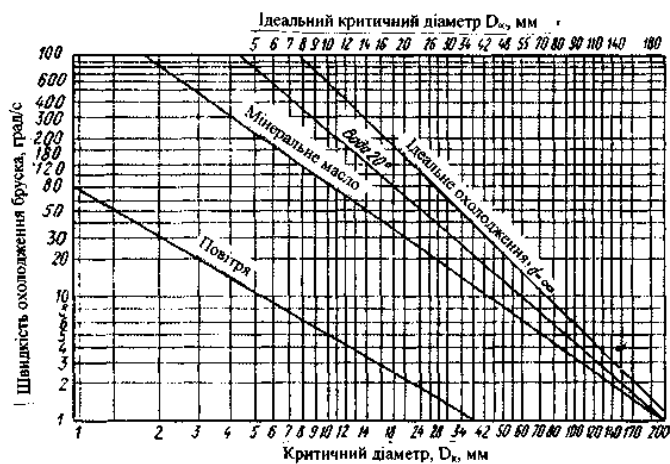


Рисунок 14 - Номограма для визначення прогартовуваності

#### 4.4 Відпуск сталей

Після гартування деталі обов'язково піддають **відпуску**. Відпуску піддають загартовану сталь з метою підвищення її ударної в'язкості і пластичності, зменшення твердості і внутрішніх напружень. Для відпуску сталь нагрівають до температури нижче за точку  $A_{c1}$  (лінії PSK) і потім охолоджують, як правило, на повітрі.

##### Розрізняють три види відпуску

**Низький відпуск** ( $150-250^{\circ}\text{C}$ ) застосовують для виробів, які повинні мати високу твердість ( $\geq \text{HRC } 60$ ), наприклад, пуансони, матриці вирубних штампів, різальний інструмент, що не піддаються ударним навантаженням (напилки, плашки, мітчики і т.д.). Цей відпуск призначено головним чином для зменшення внутрішніх напружень у виробках; знижує твердість на 1-3 HRC.

**Середньому відпуску** ( $350-400^{\circ}\text{C}$ ) піддають вироби, які повинні мати високу пружність і міцність при достатній в'язкості, наприклад, пружини, ресори. Твердість при цьому знижується на 10-15 HRC і становить HRC 45-48.

**Високий відпуск** (450-550<sup>0</sup>C) забезпечує отримання більш в'язкої структури, що має досить високу міцність і твердість HRC 28-32. Такому відпуску піддають, як правило, деталі машин: вали, шестерні і т.д. Повністю знімаються всі напруження, твердість знижується на 25-30 HRC.

Мікроструктура після низького відпуску - мартенсит, після середнього – троостит, після високого – сорбіт.

Гартування в поєднанні з високим відпуском називають **термополіпшенням**. Після такої обробки сталь добре обробляється на верстатах і при механічній обробці дає хорошу чистоту поверхні.

Усі види термічної обробки надані на рис. 15.

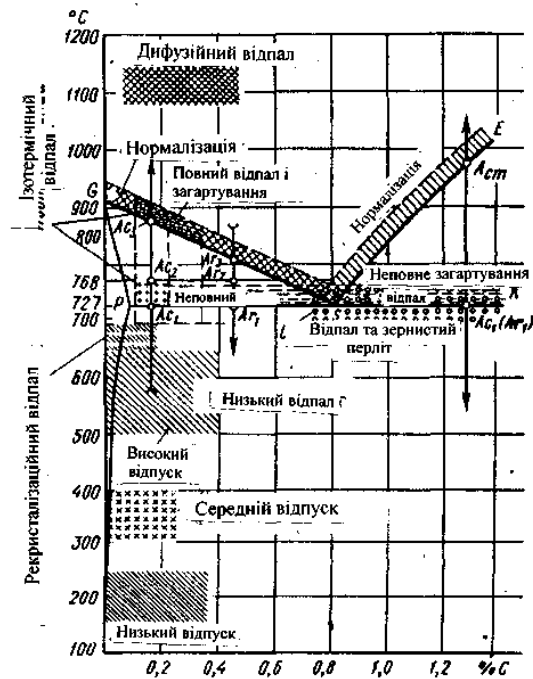


Рисунок 15 – Діаграма стану з інтервалами нагріву вуглецевої сталі для відпалу, нормалізації гартування і відпуску

## **4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ**

4.1 Провести вимірювання твердості зразків за НВ у вихідному стані, записати в протокол (додаток А).

4.2 За діаграмою стану Fe-Fe<sub>3</sub>C з'ясувати мікроструктуру кожної пропонованої марки сталі, у вихідному стані замалювати.

4.3 Підібрати і нанести на діаграму Fe-Fe<sub>3</sub>C інтервали температур усіх видів термообробки для пропонованих марок сталей; температури гартування і відпуску занести в протокол.

4.4 Визначити час нагрівання зразків під гартування, записати в протокол.

4.5 Провести гартування зразків, використовуючи відповідні середовища охолодження.

4.6 Зразки зачистити на шліфувальному папері; визначити твердість зразків після гартування, записати в протокол, передати зразки на відпуск.

4.7 Провести аналіз металографії загартованих зразків і замалювати їх у звіті.

4.8 Провести відпуск зразків: низький, середній, високий. Тривалість відпуску взяти 0,5-1,0 години.

4.9 Визначити твердість зразків після усіх видів відпуску, записати в протокол і дослідити структуру, описати її в звіті.

4.10 Побудувати графіки зміни твердості при гартуванні і подальшому відпуску.

## **5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

5.1 Назвіть види термічної обробки та їх призначення.

5.2 Що таке повний відпал, повне гартування?

5.3 Які гартівні середовища застосовуються для вуглецевих сталей і чому?



- 5.4 Яка твердість мартенситу, трооститу, сорбіту евтектоїдної сталі?
- 5.5 Які види відпуску ви знаєте? Їх призначення?
- 5.6 Яким видом термообробки можна одержати пластинчастий перліт, зернистий перліт?
- 5.7 Як практично можна визначати загальний час витримки при температурі гартування для вуглецевої сталі?
- 5.8 Дайте характеристику ізотермічному гартування.
- 5.9 Що таке світле гартування?
- 5.10 Яка температура дифузійного відпалу?
- 5.11 Якщо в мікроструктурі сталі з'явилася цементитна сітка, як її усунути?
- 5.12 Дайте характеристику ступеневого гартування.
- 5.13 Яким технологічним процесом можна забезпечити найпружніші властивості сталі?
- 5.14 Якщо деталі працюють на знос, який вид відпалу найкращий після гартування?
- 5.15 Яка мікроструктура сталі після середнього відпуску?
- 5.16 Назвіть температуру гартування сталі 45, У8, У12А.
- 5.17 Назвіть температуру нормалізації сталі 20.
- 5.18 Як одержати мікроструктуру сорбіт - гартування.
- 5.19 У якому охолодному середовищі проводять гартування легованої сталі?
- 5.20 Назвіть температуру відпуску сталей при термополіпшенні.
- 5.21 Назвіть склад солей для ізотермічного гартування легованих сталей.
- 5.22 Сталь 45 – назвіть охолодне середовище при гартуванні для отримання твердості HRC 45-50.
- 5.23 Чи можна застосовувати повне гартування для сталі У12?

ДОДАТОК А  
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ  
термічної обробки вуглецевої сталі

Марка сталі	Д або товщина зразка	Вид термічної обробки	Температура нагрівання	Охолодне середовище	Структура після термообробки	Твердість після термообробки		Твердість після відпуску HRC (HRB)		
						HRC	HRB	200°C	400°C	600°C

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. –М.: Машиностроение, 1980. –С.197-214.
2. Гуляев А.П. Металловедение. –М.: Металлургия, 1977. –С.243-281.
3. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. – М.: Металлургия, 1983. – С. 255-289.
4. Сигова В.И. Методические указания к лабораторной работе «Термическая обработка углеродистой стали». –Сумы: СумГУ, 2005. -14 с.

Практичне заняття  
«Практика маркування і розшифровки  
машинобудівних матеріалів»

## 1 МЕТА РОБОТИ

Вивчити індексацію металів, що використовується для позначення маркування чорних, кольорових металів і сплавів.

Навчитися самостійно здійснювати розшифровку марок сталей і сплавів складу кольорових і чорних металів.

## 2 КОРОТКІ ВІДОМОСТІ

До машинобудівних матеріалів відносять чорні і кольорові метали та сплави на їх основі. Найбільш широко використовуються сплави на основі заліза - сталі і чавуни.

Сталь - сплав на основі заліза з вуглецем при вмісті його до 2,14% і неминучими домішками. Домішки розрізняють: постійні, приховані, випадкові та спеціально введені.

Постійні домішки Mn і Si вводять при розкисленні у процесі виплавлення сталі (Mn до 0,7-0,8%, Si до 0,5%); P і S потрапляють у сталь із шихти. Сірка надає сталі червоноламокості і вміст її в сталях допускається до 0,06%.

Фосфор надає холодноламокості, вміст у сталях - до 0,05%.

Приховані домішки - гази: азот, водень, кисень, які потрапляють з повітря при плавленні. Вміст їх допускається: від  $10^{-2}$  до  $10^{-4}$ %.

Випадкові домішки потрапляють з руд залежно від родовища залізних руд. Це можуть бути Cu, Al, Ni, W та інші.

Спеціальні домішки - це елементи, які вводять у сталь спеціально для одержання тих чи інших заданих властиво-

стей. Такі елементи називають легуючими, а сталі - легованими.

Класифікація сталей виконується залежно від якісного складу та призначення.

За призначенням розрізняють три групи сталей: конструкційні, машинобудівні й будівельні, інструментальні (штампові для різального і вимірювального інструменту) та сталі з особливими фізичними і хімічними властивостями (нержавіючі, жаростійкі, теплостійкі, магнітні та інші).

За хімічним складом сталі класифікують на дві великі групи: вуглецеві і леговані, для кожної з них існує державний стандарт на отримання.

За якісним складом, що характеризує вміст шкідливих домішок (сірка та фосфор), сталі підрозділяють на сталі звичайної якості і сталі якісні, високої якості і особливо високої якості.

Вуглецеві сталі звичайної якості поставляються трьох груп: А, Б, В з гарантією.

Група А - механічних властивостей; В - хімічного складу; В - механічних властивостей і хімічного складу. Маркування включає слово "сталь" і цифри (Ст.1), де цифри позначають умовний номер сталі; чим більша цифра, тим вищі механічні властивості. У кінці марки вказують ступінь розкислення сталі "СП" - спокійна, розкислена трьома розкислювачами (Mn, Si, Al); "ПС" - напівспокійна, розкислена двома розкислювачами; "КП" - кипляча, розкислена одним розкислювачем (Mn).

У групах Б і В на початку маркування ставляться ці індекси. Наприклад, сталь групи А: Ст5ПС, Ст2КП і т.д.; сталь групи Б: Б Ст5ПС, Б Ст4КП; сталь групи В: В Ст1СП, В Ст4СП.

В якісних сталях маркування починається зі слова "сталь", далі йдуть цифри, які показують соті частки відсотка вуглецю. Наприклад, сталь 10, сталь 35, сталь 70 та ін-

ші. У кінці маркування може бути вказано ступінь розкислення (КП)'.  
Вуглецеві інструментальні сталі маркуються буквою "У", далі йдуть цифри, які вказують десяті частки відсотка вуглецю у сталі. Наприклад, У7, У8, У10, У13 (вміст вуглецю 0,7 - 1,3%). У кінці маркування може стояти буква "А", яка означає, що дана сталь високоякісна (з меншим вмістом Р і S).

Леговані сталі залежно від ступеня легування поділяють на низьколеговані (легуючих елементів ~ до 5,0%), середньолеговані (≈ до 10%) і високолеговані (~ 10%). Залежно від хімічного складу легуючих елементів сталі поділяють на хромисті, хромонікелеві, хромонікельмолібденові та ін.

CuNiV<sub>o</sub>

Схема маркування легованих сталей

I	II	III
Відсоток вуглецю	хімічний склад	якість

На першому місці у маркуванні легованих сталей знаходиться вуглець. Сталь є інструментальною, якщо на першому місці (1) утримування вуглецю вказано однією цифрою, що означають десяті частки відсотка.

Якщо на початку цифри немає, то вміст вуглецю близько одного відсотка. Наприклад, 9XC (0,9% - C), 5XHM (0,5% -C), X12M (1X – C).

У конструкційних легованих сталях на першому місці вміст вуглецю вказують двома або трьома цифрами, що означає соті частки відсотка. Наприклад, 38XM (0,38% -C), 09Г2С (0,09 % -C), 110Г13 (1,1% -C).

Хімічний склад (місце 2) позначається сполученням букв і цифр: букви показують наявність легуючого елемента (табл.1), а цифри - відсотковий вміст цього елемента.

Якщо цифри немає, то легуючого елемента близько 1,0%. Особливо слід звертати увагу на використання букви "А" в індексації. Якщо у хімічному складі (місце 3) маємо букву "А", то вона означає легуючий елемент "азот". Наприклад, 10X14АГ6МЗ (0,10 % -С; 14% -Cr ; до 1% - N ; 6% - Mn; 3% - Мо).

На місці 3, як правило, позначається якість сталі: для низьколегованих сталей присутність букви "А" означає високу якість. Якщо букви немає, то сталь якісна. Для високолегованих сталей буква "А" не позначається, тому що за умовами виготовлення вони високоякісні. Для позначення сталей, особливо високоякісних, вказують скорочену назву способів позапічної обробки (табл.2). Наприклад, 30ХГС-Ш (електрошлакова переплавка). Якщо сталь використовується для одержання виливків, то на місці 3 вказують букву "Л"; що означає - ливарна. Наприклад, сталь 25Л, 40Х13Л.

Таблиця І - Позначення елементів у марках легованих сталей

Позначення легуючого елемента	Найменування легуючого елемента	Позначення легуючого елемента	Найменування легуючого елемента
А	Азот	П	Фосфор
Б	Ніобій	Р	Бор
В	Вольфрам	С	Кремній
Г	Марганець	Т	Титан
Д	Мідь	Ф	Ванадій
Е	Селен	Х	Хром
К	Кобальт	Ц	Цирконій
М	Молібден	Ч	Рідкоземельний елемент
И	Нікель	Ю	Алюміній

Для деяких сталей бувають наступні винятки з правил у позначенні: шарикопідшипникові сталі позначають на

початку буквами ШХ, потім стоїть вміст хрому в десятих частках відсотка. Наприклад, ШХ15С2 (С ~ 1%; 1,5% -Cr; 2% -Si).

Електротехнічні листові сталі позначають буквою "Е", цифра, що йде за цією буквою, вказує стан постачання, далі - вміст кремнію у цілих відсотках, а останні цифри характеризують рівень електротехнічних властивостей.

Сталь для постійних магнітів позначають буквою "Е", потім ідуть цифри, букви, які показують наявність елементів, що покращують характеристики сталі.

Таблиця 2 - Позначення різних груп легованих сталей і міра їх якості

Позначення	Місце знаходження букви у марці сталі	Найменування груп сталей і міра їх якості
А	На початку	Група автоматичних сталей
А	У кінці	Сталь високоякісна
ВД	У кінці	Сталь особливо високоякісна (вакуумно-дугова переплавка)
ВИ	У кінці	Сталь особливо високоякісна (вакуумно-індукційна переплавка)
Е	На початку	Сталь магнітоміцна
Л	У кінці	Сталь ливарна
Р	На початку	Сталь швидкорізальна інструментальна
Ш	На початку	Сталь шарикопідшипникова
Ш	У кінці	Сталь особливо високоякісна (електрошлакова переплавка)

Швидкорізальні складнолеговані сталі позначають буквою "Р", цифра, що йде за буквою, вказує на вміст у ній вольфраму у цілих відсотках: Р18 (С –1%; W – 18%). Останніми роками промисловістю освоєні методи порошкової металургії для випуску швидкорізальних сталей, які позначаються, наприклад, Р9М4К8-МП, а також нового класу інструментальних сталей - "карбідосталі", які утримують у



своєму складі до 20% карбідів титану, наприклад; Р6М5-КТ20. Дані сталі мають більш високі експлуатаційні властивості.

Дослідні марки сталей позначаються буквами (на першому місці) заводу-постачальника сталі. Після букв вказують порядковий номер сталі (Е- електросталь, З - Запоріжжя, Д – Дніпропетровськ). Наприклад ЕІ904, ДІВ.

Тверді сплави - різальні, маркуються: група ВК - кобальтові ВК8 (8% - Со, решта WC - карбід вольфраму); група ТК - вольфрамо (WC) – титано (TiC) - кобальтові; Т30К4; ТІ5К6; ТІ4К8 (80% - Со; 14% - TiC; решта - WC); група ТТК – вольфрамо (WC) – титанотантало (TiC + Таc) - кобальтові, ТТ7К12 (12% - Со; 7% (TiC + Таc); решта - WC).

Принцип позначення чавунів відрізняється від сталей. Сірі чавуни позначають сполученням букв “СЧ” і наступних цифр, які показують межу міцності ( $\sigma_n$ ) при розтягненні. Наприклад, ( $\sigma_n = 20 \text{ кгс/мм}^2$ , або 200 МПа). Ковкі (КЧ) і високоміцні (ВЧ) чавуни додатково мають позначення відносно подовження ( $\delta$ , %). Наприклад, КЧ36-6, ковкий чавун  $\sigma_n = 360 \text{ МПа}$ , відносно подовження  $\delta = 6\%$ . Антифрикційні чавуни позначають сполученням букв АЧС, АЧК і АЧВ, далі йде цифра, яка означає номер чавуну.

Кольорові сплави маркують сполученням заголовних букв і цифр. Букви означають тип сплаву, назву легуючих елементів і спосіб одержання заготовок із цих сплавів (табл. 3, 4). Цифри означають або відсотковий вміст легуючих елементів (латунь, бронза), або порядковий номер сплаву (на основі Mg, Al, Ti).

Алюмінієві сплави маркуються залежно від способу їх виробництва: ливарні – буквами АЛ (АЛІ; АЛ5); кувальні для штампування - АК (АК4), деформовані незміцнювані –

АМг (Al + Mg), АМн (Al + Mn); зміцнювані - дюралюміні  
ДІ, Д5, Д16.

Таблиця 3 – Буквені позначення різних груп кольорових металів

Буквене позначення	Найменування груп кольорових металів
АЛ	Алюмінієві ливарні сплави
АК	Алюмінієві ковкі сплави
Д	Дюралюміній, деформований алюмінієвий сплав
Бр	Бронзи
ВТ, ОТ	Титанові сплави
Л	Латуні
МА	Магнієві деформовані сплави
МЛ	Магнієві ливарні сплави
П	Припій
Ц	Цинкові сплави

Таблиця 4 – Позначення легуючих елементів при маркуванні кольорових сплавів

Позначення елемента	Найменування елемента	Позначення елемента	Найменування елемента
А	Алюміній	Н	Нікель
Б	Берилій	О	Олово
Ж	Залізо	С	Свинець
К	Кремній	Ср	Срібло
Кд	Кадмій	Су	Сурма
М	Мідь	Т	Телур
Мг	Магній	Ф	Фосфор
Мц	Марганець	Х	Хром
Мш	Миш'як	Ц	Цинк

Високозміцнювані сплави– В95, В93; спечені –САС; САП. Чистий алюміній позначається А999 (99, 999% Al) і т.д.

Магнієві деформовані сплави маркуються МА (МА3; МА5), ливарні - МЛ (МЛ5).

Мідні сплави - латуні (сплави - міді з цинком) маркуються сполученням букв і цифр. Букви означають: перша Л - латунь, далі - елементи; цифри - відсотковий вміст міді і елементів, а остання - цинк. Наприклад, ЛАЖ60-I-I (60% -Cu; 1% - Al; 1% Fe; решта - Zn). Сплави міді з основою та іншими елементами – бронзи, маркуються також сполученням букв і цифр. Перші букви "Бр." позначають бронзу, наступні - легуючі елементи та їх вміст, а остання - мідь. Наприклад, Бр.ОЦСНЗ-7-5-I (3% -Sn; 7% -Zn; 5% -P8; 1,0% - Ni; решта – Cu). Чиста мідь маркується МО, МОО, МІ і т.д.

Антифрикційні сплави – бабіти, позначаються буквою "Б". Титанові сплави – РТ, наступні цифри вказують номер сплаву. Наприклад, ВТ1; ВТ6; ВТ14.

### **3 ПРАКТИЧНІ ПРИЙОМИ РОЗШИФРОВКИ СТАЛЕЙ І СПЛАВІВ**

Ст5ГПС2 - сталь конструкційна, звичайної якості, група А, що постачається з гарантованими механічними властивостями, номер 5, вміст марганцю до 1%, напівспокійного розливання, другої категорії.

ВСтЗПСЗ - сталь конструкційна, вуглецева, звичайної якості, другої групи В, що поставляється з гарантованими механічними властивостями і хімічним складом, номер 3, спокійного розливання, третьої категорії.

Сталь ОВКП - сталь конструкційна, маловуглецева, якісна, містить 0,08 % вуглець, киплячого розливання.

У12 - сталь інструментальна, високовуглецева, містить 1,2% вуглецю, якісна.

40ХГТР - сталь конструкційна, легована, містить 0,4% вуглецю, до 1% хрому, марганцю, титану, невелику кількість бору, решта - залізо і домішки, якісна.

АС45Г2 - сталь автоматна, свинцева, легована, якісна, містить 0,4% вуглецю, до 1% свинцю, 2% марганцю, решта - залізо і домішки.

110Г13 - сталь конструкційна, зносостійка (сталь Гад-фільда), легована, високоякісна, містить близько 1,1 % вуглецю, 13 % марганцю, решта - залізо і домішки.

ШХ15 - шарикопідшипникова, вміст вуглецю близько 1%, містить 1,5% хрому, решта - залізо і домішки.

Р10К5Ф5 - сталь швидкорізальна, вміст вуглецю близько одного відсотка, вміст вольфраму 10%, кобальту – 5%, ванадію – 5%.

ЕХ3 - сталь магнітна, вміст вуглецю близько 1%, хрому - близько 3%, решта - залізо і домішки.

Е7В6 - сталь магнітна, вміст вуглецю 0,7%, вольфраму - близько 6%, решта - залізо і домішки.

АЧВ-2 - чавун антифрикційний, високоміцний, номер 2.

ВКВ-ВК - однокарбідний (ВК) твердий сплав високої крупнозернистості , вміст кобальту - 8%, решта (92%) - карбід вольфраму.

#### 4 ЗМІСТ ЗВІТУ

Коротко викладіть пояснення з вивчення принципів позначення заданих викладачем сплавів.

Провести розшифровку заданих сплавів згідно з табл. 5.

Визначити спосіб виплавлення одержання заготовок із заданих сплавів.

Таблиця 5 - Розшифровка позначення марок різних машинобудівних сплавів

Задана марка сплаву	Найменування матеріалу з позначенням його якості	Хімічний склад сплаву, % (за маркою)	Характеристика сплаву	Галузь застосування сплаву
Сталь ВСт5пс	Сталь конструкційна, звичайної якості	C - 0,28-0,37%; Mn - 0,50-0,80%; Si - 0,05-0,17%; P - 0,04%; S - 0,05%; решта Fe і домішки	Сталь середньої пластичності, підвищеної міцності: $\sigma_b$ – 490-630 МПа; $\sigma_{0,2}$ – 285 МПа; $\delta$ – 20%. Постачається в горячекатаному стані. Температура початку кування 1250 <sup>0</sup> С, кінця – 750 <sup>0</sup> С. Зварюваність – обмежено зварювана плавленням, контактною без обмеження. Флокеночутливість – не чутлива	Для виготовлення деталей: клепаних конструкцій, болтів, гайок, втулок, холодних валиків, зірочок, фланців та інших деталей, які працюють в інтервалі температур від 0 до 425 <sup>0</sup> С. Поковки перерізом до 800 мм
10ХСНД	Сталь конструкційна, низьколегована, якісна	C - $\leq$ 0,12%; Si – 0,8-1,1%; Mn – 0,5-0,8%; Cr – 0,6-0,9%; P – 0,035%; S – 0,04%; решта – Fe і домішки	Сталь підвищеної міцності: $\sigma_{0,2}$ – 390 МПа; $\sigma_b$ – 530 МПа; $\delta$ – 19%. Температура початку кування 1200 <sup>0</sup> С, кінця – 850 <sup>0</sup> С. Зварюється без обмежень. Добре обробляється різанням в нормалізованому і відпущеному станах. Має підвищену стійкість проти корозії і хорошу ударну в'язкість при негативних температурах	Для виготовлення елементів зварних металоконструкцій і різних деталей, до яких ставляться вимоги підвищеної міцності і корозійної стійкості, що працюють при температурах від 70 до 450 <sup>0</sup> С

Продовження таблиці 5

Задана марка сплаву	Найменування матеріалу з позначенням його якості	Хімічний склад сплаву, % (за маркою)	Характеристика Сплаву	Галузь застосування сплаву
12X18Н9ТЛ	Сталь конструкційна, високоякісна, ливарна	C ≤ 0,12%; S ≤ 0,03%; P = 0,035%; Si = 0,2-1,0%; Mn = 1,0-2,0%; Cr = 17-20%; Ni = 8-11%; решта Fe і домішки	Нержавіюча сталь, жаростійка, до 750 <sup>0</sup> С, аустенітного класу. Зварюваність обмежена, рекомендується підігрів з подальшою термообробкою, немагнітна. Σ <sub>в</sub> – 450 Мпа; σ <sub>0,2</sub> – 200 Мпа; δ – 25%; НВ – 156	Для виготовлення різних деталей машин, які працюють при підвищених агресивних середовищах
Бр. ОЦ 6-6-3	Бронза	6% - Sn; 6% - Zn; 3% - Pb; решта Cu	Має малий коефіцієнт тертя; хороший ливарний матеріал, добре протистоїть корозії, відмінно обробляється різанням; НВ – 70	Для виготовлення антифрикційних деталей, які працюють в умовах тертя ковзання, парової і водяної арматури, сальників, підшипників

## 5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 Чим визначається якість сталей? Класифікація сталей за якістю.
- 2 У чому відмінність хімічного складу сталей У8 і У8А?
- 3 Чим відрізняються білі чавуни від сірих?
- 4 Який із чавунів СЧ, КЧ, ВЧ піддається обробці лещатами?
- 5 Що спільного і в чому відмінність латуні і бронзи?
- 6 Який із сплавів ВК6, В95, ВТ, Т15К6 містить в основі титан?
- 7 Вкажіть, який із наведених сплавів може використовуватися для виготовлення інструменту: сталь 45; АЛ2; Р6М5Ф2; МА5.
- 8 Які основні принципи закладені в розшифровці чорних і кольорових сплавів?
- 9 Яка з форм включень графіту в чавунах забезпечує високий опір руйнування?
- 10 Що спільного і в чому відмінність чавунів і сталей?
- 11 Як позначаються марки сталей, що виготовляються експериментально?
- 12 В якій послідовності треба розмістити сплави за їх щільністю: АЛ2; ВК8; сталь 20; МА2; СЧ20; ВТІ4?
- 13 Який з матеріалів Ви рекомендуєте для виготовлення кузова легкового автомобіля і зубила: БрБ2; У7; ХВГ; сталь ІЮКП; Л72; КЧ26-4?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дичковська О.В. Система технологій галузей народного господарства. /Навчальний посібник. –К.: УСДО, 1995. -312 с.
2. Остапчук Н.В., Рыбак А.И. Система технологій (по видам деятельности) /Учебное пособие. –К.: ЦУЛ, 2003. - 888 с.
3. Дальский и др. Технология конструкционных материалов. –М.: Машиностроение, 1985. – 664 с.
4. Фетисов Г.П. и др. Материаловедение и технология металлов. –М.: Высшая школа, 2002. – 640 с.
5. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1980. –С.197-214.
6. Гуляев А.П. Металловедение. –М.: Metallургия, 1977. – С.243-281.
7. Учаев П.Н. Качество продукции и системы технологий. /Учебное пособие. – Сумы: СумГУ, 1999. – 230 с.
8. Бялик О.М. та ін. Металознавство. –К.: Політехніка, 2008. – 384 с.
9. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. –Львів: РАСТР-7, 2007. – 276 с.



Навчальне видання

**Сігова** Валентина Іванівна,  
**Пчелінцев** Віктор Олександрович,  
**Будник** Анатолій Федорович,  
**Любич** Олександр Йосипович

## **СИСТЕМА ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчальний посібник

Редактор С.М.Симоненко  
Комп'ютерне верстання В.Д. Вінницької

Підп. до друку 17.07.2008.  
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman Суг.Друк офс.  
Ум. друк. арк.                      Обл.-вид.арк.  
Тираж 100 пр.                      Вид. №  
Зам. № .

Видавництво СумДУ при Сумському державному університеті  
40007, Суми, вул. Римського-Корсакова, 2  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного  
реєстру ДК № 3062 від 17.12.2007.  
Надруковано у друкарні СумДУ  
40007, Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.