

В. С. С. АПАТОЛІЙ ВЛАСЕНКО



**ТЕХНОЛОГІЯ МЕТАЛІВ
ТА ЗВАРЮВАННЯ**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А. М. Власенко

ТЕХНОЛОГІЯ МЕТАЛІВ ТА ЗВАРЮВАННЯ
МОДУЛЬНИЙ КУРС

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2013

УДК 621.7
ББК 34.2
В 58

Рецензенти:

І. Г. Грабар, доктор технічних наук, професор (ЖНАЕУ)
В. Г. Каплун, доктор технічних наук, професор (ХНУ)
І. І. Назаренко, доктор технічних наук, професор (КНУБА)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки "Будівництво". Лист № 1/11-10327 від 08 листопада 2011 р.

Власенко, А. М.

В 58 Технологія металів та зварювання. Модульний курс : навчальний посібник / А. М. Власенко. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 250 с.

ISBN 978-966-641-512-0

Навчальний посібник присвячений висвітленню основних відомостей про металургійне виробництво чорних і кольорових металів, кристалізацію і будову металів і сплавів. Розглянуті основи теорії термічної обробки сталі, виготовлення заготовок і деталей в ливарному виробництві, обробки металів тиском і різанням, електрофізичної обробки металів і зварного виробництва.

Посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів, які вивчають інженерні спеціальності у будівництві, сільському господарстві та інших галузях, може бути корисний для студентів коледжів і технікумів, учнів професійно-технічних училищ, які опановують робітничі професії.

УДК 621.7
ББК 34.2

ISBN 978-966-641-512-0

© А. Власенко, 2013

ЗМІСТ

Вступ	5
Частина 1 МЕТАЛУРГІЯ ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ	6
<i>Змістовий модуль 1</i>	
1 ВИРОБНИЦТВО ЧОРНИХ ТА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ	6
1.1 Виплавка чавуну (<i>Навчальний елемент 1</i>).....	6
1.2 Виплавка сталі (<i>Навчальний елемент 2</i>).....	12
1.3 Розливання сталі (<i>Навчальний елемент 3</i>).....	17
1.4 Способи підвищення якості сталі (<i>Навчальний елемент 4</i>).....	21
1.5 Виробництво кольорових металів (<i>Навчальний елемент 5</i>).....	24
<i>Тести першого модуля</i>	28
Частина 2 ОСНОВИ МЕТАЛОЗНАВСТВА	29
<i>Змістовий модуль 2</i>	
2 СТРУКТУРА МЕТАЛІВ	29
2.1 Атомно-кристалічна будова металів (<i>Навчальний елемент 6</i>).....	29
2.2 Дефекти кристалічної будови (<i>Навчальний елемент 7</i>).....	33
2.3 Методи дослідження структури металів (<i>Навчальний елемент 8</i>).....	37
2.4 Плавлення та кристалізація металів (<i>Навчальний елемент 9</i>).....	40
3 МЕТАЛЕВІ СПЛАВИ	44
3.1 Будова та характеристика сплавів (<i>Навчальний елемент 10</i>).....	44
3.2 Діаграма стану подвійних сплавів (<i>Навчальний елемент 11</i>).....	47
3.3 Компоненти і фази у сплавах залізо з вуглецем (<i>Навчальний елемент 12</i>).....	51
3.4 Діаграма стану залізо – цементит (<i>Навчальний елемент 13</i>).....	54
4 ОСНОВИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ	59
4.1 Алотропічні перетворення (<i>Навчальний елемент 14</i>).....	59
4.2 Термічна обробка сталі (<i>Навчальний елемент 15</i>).....	62
4.3 Хіміко-термічна обробка (<i>Навчальний елемент 16</i>).....	67
5 СПЛАВИ НА ОСНОВІ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ	70
5.1 Вуглецеві сталі (<i>Навчальний елемент 17</i>).....	70
5.2 Леговані сталі (<i>Навчальний елемент 18</i>).....	73
5.3 Спеціальні сталі (<i>Навчальний елемент 19</i>).....	76
5.4 Чавуни (<i>Навчальний елемент 20</i>).....	81
6 КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ, ТВЕРДІ СПЛАВИ ТА КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ	85
6.1 Кольорові метали та їх сплави (<i>Навчальний елемент 21</i>).....	85
6.2 Металокерамічні сплави (<i>Навчальний елемент 22</i>).....	89
6.3 Корозія металів (<i>Навчальний елемент 23</i>).....	91
<i>Тести другого модуля</i>	95
Частина 3. СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ	101
<i>Змістовий модуль 3</i>	
7 ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ	101
7.1 Основні властивості металів (<i>Навчальний елемент 24</i>).....	101
7.2 Технічні проби металів (<i>Навчальний елемент 25</i>).....	107
8 ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ	111
8.1 Суть обробки металів тиском (<i>Навчальний елемент 26</i>).....	111
8.2 Прокатування (<i>Навчальний елемент 27</i>).....	113
8.3 Суть волочіння (<i>Навчальний елемент 28</i>).....	116

8.4 Пресування (Навчальний елемент 29).....	118
8.5 Суть кування (Навчальний елемент 30).....	119
8.6 Штампування (Навчальний елемент 31).....	123
8.7 Виробництво сталевих труб (Навчальний елемент 32).....	126
9 ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА	129
9.1 Сутність ливарного виробництва (Навчальний елемент 33).....	129
9.2 Лиття в одноразових піщаних формах (Навчальний елемент 34).....	131
9.3 Спеціальні види лиття (Навчальний елемент 35).....	135
10 ОБРОБКА МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ	139
10.1 Основні поняття і визначення (Навчальний елемент 36).....	139
10.2 Точіння (Навчальний елемент 37).....	142
10.3 Свердління (Навчальний елемент 38).....	146
10.4 Фрезерування (Навчальний елемент 39).....	148
10.5 Стругання, додання та протягування (Навчальний елемент 40).....	151
10.6 Шліфування (Навчальний елемент 41).....	153
11 СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ	156
11.1 Обробка металів поверхневим деформуванням (Навчальний елемент 42).....	156
11.2 Електрофізичні методи обробки (Навчальний елемент 43).....	158
<i>Тести третього модуля</i>	161
Частина 4. ЗВАРЮВАННЯ	165
<i>Змістовий модуль 4</i>	
12 СУТЬ ЗВАРЮВАННЯ	165
12.1 Загальні відомості про зварювання (Навчальний елемент 44).....	165
12.2 Сталеві покриті електроди (Навчальний елемент 45).....	171
12.3 Джерела живлення зварювальної дуги (Навчальний елемент 46).....	175
12.4 Техніка ручного дугового зварювання (Навчальний елемент 47).....	178
13 ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ	183
13.1 Зварні з'єднання і шви (Навчальний елемент 48).....	183
13.2 Режими ручного дугового зварювання (Навчальний елемент 49).....	188
13.3 Позначення швів на кресленні (Навчальний елемент 50).....	191
14 ГАЗОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ТА РІЗАННЯ МЕТАЛІВ	196
14.1 Суть газового зварювання (Навчальний елемент 51).....	196
14.2 Обладнання газового зварювання (Навчальний елемент 52).....	200
14.3 Термічне різання металів (Навчальний елемент 53).....	203
14.4 Будова та робота кисневого редуктора (Навчальний елемент 54).....	206
14.5 Будова та робота ацетиленового генератора (Навчальний елемент 55).....	208
15 ДЕФОРМАЦІЇ ТА ДЕФЕКТИ ПРИ ЗВАРЮВАННІ	212
15.1 Виникнення деформації та способи їх зменшення (Навчальний елемент 56).....	212
15.2 Дефекти швів при зварюванні плавленням (Навчальний елемент 57).....	215
15.3 Види контролю зварних з'єднань (Навчальний елемент 58).....	218
16 З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ	222
16.1 Підготовка деталей до зварювання (Навчальний елемент 59).....	222
16.2 Особливості виконання зварювання (Навчальний елемент 60).....	225
16.3 Паяння металу (Навчальний елемент 61).....	230
16.4 Безпека праці при зварювальних роботах (Навчальний елемент 62).....	235
<i>Тести четвертого модуля</i>	240
Література	245
Глосарії	246

ВСТУП

Посібник за своїм змістом відповідає навчальній програмі курсу “Металознавство і зварювання в будівництві” для студентів будівельних спеціальностей вищих навчальних закладів України III і IV рівнів акредитації. Посібник покликаний сформувати у майбутнього спеціаліста достатні знання основ металознавства, технології їх виробництва, мати уявлення про сучасні способи виготовлення заготовок, а відтак і готових виробів – деталей з необхідними експлуатаційними характеристиками.

Навчальний посібник підготовлений з урахуванням багаторічного виробничого та педагогічного досвіду автора й специфіки модульного викладання. Автором використувався і так званий лакунарний метод, коли викладання матеріалу не є абсолютно точним, але відрізняється більшою наочністю. Це, на погляд автора, повинно сприяти кращому розумінню і засвоєнню основ технології металів і зварювання.

В основу посібника покладені концептуальні підходи та керівні принципи модульної методології Міжнародної організації праці (МОП), які можуть органічно функціонувати в дистанційній освіті. Відповідно до цієї методології навчальний матеріал для вивчення дисципліни зібраний у спеціальні дидактичні розділи, які отримали назву “навчальні елементи”. З методичного і педагогічного погляду це спеціальні розроблені навчальні розділи, що включають текстовий та ілюстративний матеріал, спрямований на засвоєння вмінь та знань. Навчальний елемент вміщує нетрадиційно упорядковану текстову та ілюстративну інформацію стосовно однієї конкретної теми і містить у собі все те, що викладач розповів би студентам на лекції для досягнення поставленої мети навчання.

Цілі навчального елемента сформульовані коротко, точно і визначають суть навчання. Це своєрідний схематичний план змісту навчального елемента. Від повноти поставлення цілей залежить правильний розподіл навчального матеріалу на кроки та побудова контрольних запитань самоперевірки вивченого.

Зміст навчального матеріалу викладений короткими текстами (кроками), які в логічній послідовності розкривають суть потрібних студенту знань. Для розміщення і пошуку інформації в електронному вигляді кожний крок навчального елемента нумерується і ця нумерація є наскрізною. У випадках, коли крок, так би мовити, подрібнюється, інформація записується після двокрапки з ризику, у стовпець, з маленької літери.

Іншою мовою, навчальний елемент розроблений таким чином, щоб студенти при переході на дистанційне навчання могли самостійно вчитися у власному темпі. Щоб досягти цього, тексти і ілюстрації навчальних елементів виконані таким чином, щоб скласти собою повну й правильну послідовність ілюстрованої інформації.

Частина 1 МЕТАЛУРГІЯ ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Змістовий модуль 1

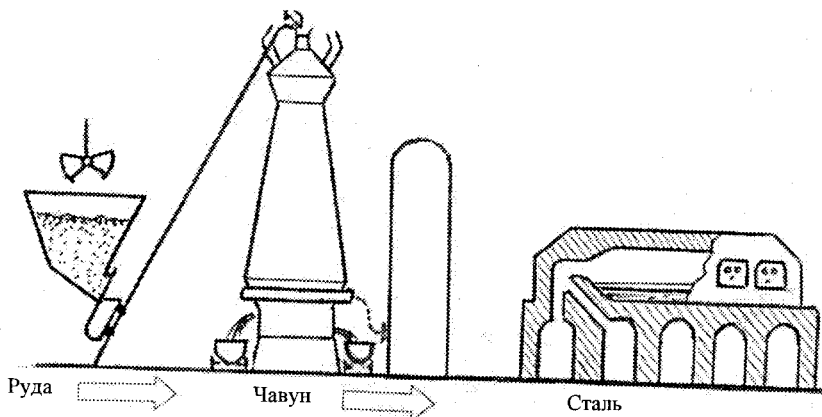
1 ВИПЛАВКА ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

1.1 Виплавка чавуну (Навчальний елемент 1)

Цілі

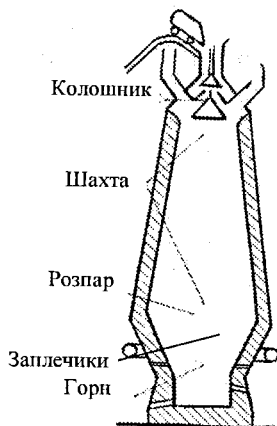
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- ознаки, за якими розділяють сплави із заліза;
 - поняття про вихідні матеріали для виробництва чавуну;
 - загальні принципи будови та роботи доменної печі;
 - основи доменного процесу;
 - основні продукти доменного виробництва.
1. Metalli (*metals*) поділяють на дві групи – чорні (*ferrous*) і кольорові (*nonferrous*). До чорних металів відносять залізо (*iron*) і сплави на його основі – сталі (*steels*) та чавуни (*cast iron*). Чорні метали складають близько 95% від загального виробництва металів. Залізо є одним із найбільш поширених елементів на землі, воно займає четверте місце (після кисню, кремнію і алюмінію).
 2. Спочатку залізо добували безпосередньо із руди (*ore*) відновленням у горнах (*bugle*). Потім із збільшенням висоти горнів залізо насичувалось вуглецем, від чого виплавлений сплав ставав крихким, але з добрими ливарними властивостями. Такий сплав дістав назву чавуну. З XIII століття чавун почали переробляти на сталь – сплав, з меншим ніж у чавуні вмістом вуглецю, а тому з більшою пластичністю та міцністю. Така двостадійна схема виробництва – виплавка чавуну в доменній печі (*domain stove*) та переробка його на сталь – і тепер є основною.

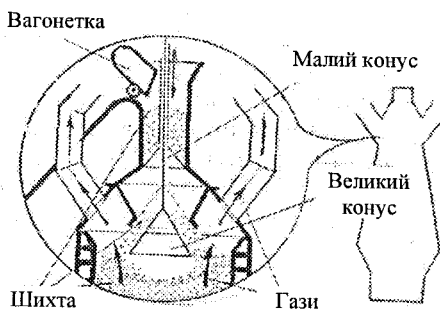


3. Основний матеріал для одержання чавуну – залізна руда, яка є сполукою заліза з киснем (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO). Рудою називають гірські породи, які містять у собі метали в такій кількості, яка забезпечує їх економічно доцільну переробку. До складу залізної руди входять також оксиди кремнію, марганцю, фосфору, сірки, кальцію, магнію та інших елементів, які називають порожньою породою, тому що в них немає заліза. Використовують у промисловості залізні руди, які містять не менше 25% заліза. Добувають залізну руду відкритим способом за допомогою вибухівки. Великі поклади залізної руди в Україні розташовані біля Кривого Рогу.
4. Залізну руду до завантаження в доменну піч подрібнюють і збагачують, відокремлюючи, по можливості, порожню породу. Найпростішим способом збагачення є промивка руди водою, яка виносить порожню породу. Магнітна руда збагачується шляхом впливу магнітного поля, коли оксиди заліза, які мають магнітні властивості, притягуються електромагнітом і відокремлюються від пустої породи, яка не здатна намагнічуватися. Ефективним методом збагачення є отримання агломерату шляхом спікання порошкоподібної руди та рудного пилу з домішками вапняку.
5. Для розплавлення залізної руди в доменній печі необхідна висока температура, яка утворюється за рахунок спалювання палива. Основним видом палива при виплавці чавуну є кокс (*coke*). Його отримують шляхом сухої перегонки вугілля при температурі до $1000\text{ }^\circ\text{C}$ без доступу повітря. Крім того, частина вуглецю коксу безпосередньо бере участь в реакції відновлення заліза.
6. Для горіння палива потрібен кисень, його отримують з повітря, яке нагнітається в доменну піч.
7. Порожня порода руди, а також зола палива плавляться при дуже високій температурі ($1800\text{ }^\circ\text{C}$ більше). В піч вводять речовини, які при порівняно низьких температурах утворюють з пустою породою руди і золою палива легкоплавкі хімічні сполуки – флюси (*gumboils*). Сплавляючись з пустою породою, флюси перетворюються на шлаки (*slags*). Залізні руди, які добувають в Україні, мають переважно кислу пусту породу, і тому використовують як флюси-вапняки.
8. Залізна руда, паливо (кокс) і флюси утворюють шихту (*mine*), яку в певному порядку завантажують у доменну піч, де проходить перетворення залізної руди в чавун.

9. Доменна піч – це висока (близько 30 м.) вертикальна шахта із сталевих листів, яка зсередини викладена вогнетривкою цеглою. Більшість діючих доменних печей мають корисний об'єм 1300...23000 м³, тобто об'єм, зайнятий завантаженими в піч матеріалами і продуктами плавлення. У таких печах за добу виплавляється до 2000 т чавуну. Робочий простір печі, який залежно від геометричної конфігурації і технічного призначення, ділиться на 5 частин: колошник, шахта, розпар, заплечики, горн.



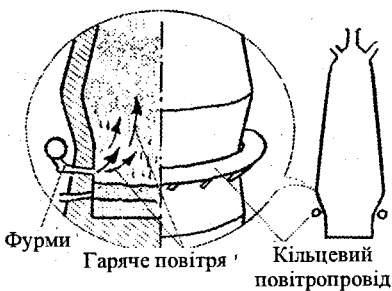
10. Колошник, який розташований у верхній частині печі, призначений для прийому шихтових матеріалів і відведення газів. Над колошником розташований завантажувальний пристрій, який складається з приймальної воронки, малого конуса, розподільного пристрою і великого конуса. Шихта подається в колошник вагонетками скіповим підйомником. Малий і великий конуси опускаються не одночасно, щоб не допустити викидання доменних газів із печі в атмосферу. Гази виводяться газовивідними трубами і використовуються як газоподібне паливо.



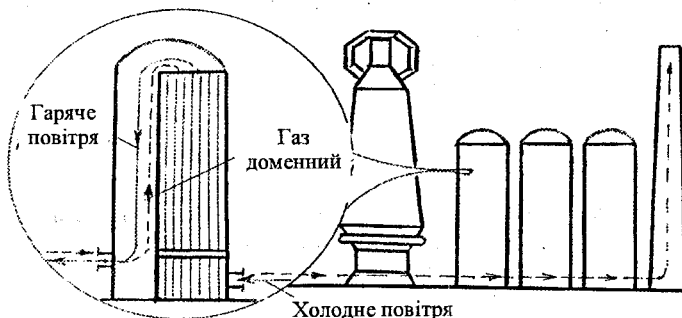
11. У шахті, яка має форму зрізаного конуса, що розширюється донизу, розміщується основна маса шихти. Така форма шахти забезпечує опускання шихти в міру її плавлення у нижню частину печі і рівномірний розподіл газів. В шахті відбувається висушування руд і відтворення (відновлення) заліза. В розпарі починається плавлення металу і утворення шлаку. В заплечиках утворюється чавун і шлак.



12. Найважливіша частина доменної печі – горн (*bugle*), який знаходиться у нижній її частині. У верхній частині горна розміщені фурми, через які із кільцевого повітропроводу вдувається повітря, необхідне для горіння палива в доменній печі.



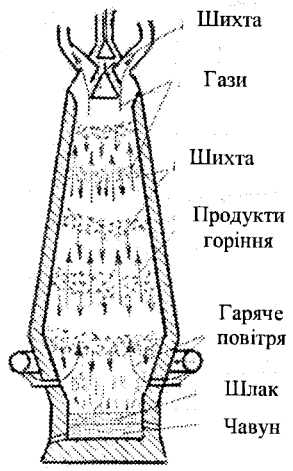
13. Для зменшення втрат тепла і економії коксу повітря нагрівають у повітронагрівачах, що знаходяться біля кожної домни у кількості трьох-чотирьох, і які працюють по черзі. Продукти горіння газу проходять вертикальними каналами насадки, нагрівають її і виходять в димову трубу. Поки один повітронагрівач віддає тепло, другий – нагрівається до температури 1200 °С і потім нагріте повітря вдувається в доменну піч.



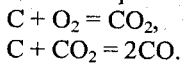
14. Дно горна називається подом печі, у верхній частині горна на поверхні розплавленого чавуну накопичується розплавлений шлак, який утворюється з порожньої породи і попелу палива. Біля дна горна знаходиться впускний отвір для випуску чавуну, що називається чавунною льоткою, а дещо вище – впускний отвір для шлаку, що називається шлаковою льоткою.



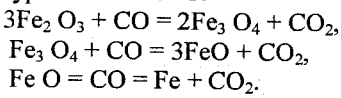
15. В доменній печі спостерігаються два рухи, що мають протилежні напрямки: знизу вверх рухаються газоподібні продукти горіння, а назустріч їм опускається зверху вниз руда, паливо і флюси. В міру плавлення шарів шихти, які розташовані нижче, і згорання палива, шихта опускається в зону більш високих температур, а в простір, що звільнився, зверху завантажується наступна її порція. У зоні шихти при температурі 400-800 °С окис вуглецю, який одержують від неповного згорання палива, хімічно взаємодіє з залізною рудою, відокремлює від неї кисень, в результаті чого утворюється чисте залізо, що опускаючись вниз, попадає в розпар і заплечики, де нагрівається до температури 1000 – 1200 °С і насичується вуглецем з оксиду вуглецю. Одночасно залізо розчиняє в собі домішки (кремній, марганець, фосфор і сірку), які містяться в порожній породі і коксі. В результаті науглецьовування заліза утворюється чавун. Із нижньої частини заплечиків при температурі 1200 – 1700 °С він стікає в горно.



16. Фізико-хімічні процеси, які виникають в доменній печі, зводяться до того, що гаряче повітря контактується з розпеченим коксом і спричиняє його горіння за реакцією:



Реакція непрямого відновлення заліза відбувається при температурі 570 °...950 °С:



Реакція прямого відновлення заліза відбувається при 950...1000 °С

$$Fe O + C = Fe = CO$$

17. Доменна піч поглинає велику кількість шихтових матеріалів та повітря. Так, для виробництва кожних 100 т чавуну необхідно в середньому подати в піч 190 т залізної руди, 95 т коксу, 50 т вапна і близько 350 т повітря. В результаті крім 100 т чавуну отримуємо близько 80 т шлаку і 500 т доменного газу (*domain gas*).

18. Основним продуктом роботи домни є чавун, що поділяється на ливарні, переробні і спеціальні доменні феросплави (*ferro-alloy*). Ливарний чавун використовують для виробництва виливків. Він має хороші ливарні властивості, добре обробляється різанням. В зломі цей метал має сірий відтінок, тому його називають сірим чавуном (*grey castiron*).
19. Переробний чавун використовують для перероблення на сталь. Він має велику твердість і крихкість, що ускладнює його обробку. В зломі перероблений чавун має білий відтінок, тому його називають білим чавуном (*white castiron*).
20. Доменні феросплави вводять в склад шихти при виробництві сталі, а також при виливанні чавунних виробів. Феросиліцій містить, крім заліза і вуглецю, 9 – 13 % кремнію. У феромарганець входять крім заліза і вуглецю, 75 % марганцю.
21. В результаті доменного процесу утворюється шлак, який після випускання з горна охолоджують водою. Його використовують у будівництві для виготовлення шлакобетону, шлакової цегли, цементу тощо.
22. Доменний газ, що утворюється при згорянні палива, піднімається по шахті, віддає частину свого тепла залізній руді і випускається через відводи. Його використовують для підігрівання повітря, яке подається в домну і як паливо з промисловою метою.

Контрольні запитання

1. На які дві групи поділяють метали?
2. Що собою являє залізна руда?
3. Як виконується збагачення руди?
4. Як отримують кокс?
5. Назвіть основні частини доменної печі.
6. Який склад має шихта для отримання чавуну?
7. Яка роль кисню в отриманні чавуну?
8. Як працює доменна піч?
9. Яка будова колошника?
10. Що таке шихта?
11. За допомогою якого пристрою підігрівають повітря перед подачею в домну?
12. Яким чином подається в домну шихта?
13. Що ще крім чавуну отримують з доменної печі?

1.2 Виробництво сталі (Навчальний елемент 2)

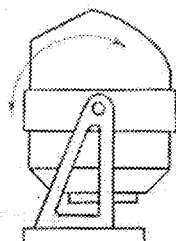
Цілі

Після вивчення даного навчального елемента студент повинен вміти визначати:

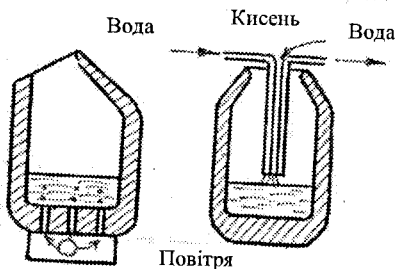
- суть процесу виробництва сталі;
- основні способи перетворення чавуну на сталь;
- загальні види печей для виплавки сталі;
- суть виробництва сталі безпосередньо з руди.

1. Сталь – це сплав заліза з вуглецем, у якому масова частка вуглецю не перевищує 2,14 %. В сталі, крім вуглецю, менше і звичайних домішок (кремнію, марганцю, фосфору і сірки), що пов'язано з особливостями технології її виробництва. Суть будь-якої металургійної переробки чавуну на сталь – зменшення вмісту вуглецю і домішок шляхом їх вибіркового окислення і переведення в шлак та газу в процесі плавлення.

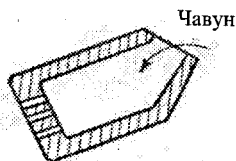
2. Сталь виплавляють з переробного чавуну і сталевого лому в конверторах (*converters*), мартенівських (*marten*) і електричних печах, переваги серед яких мають киснево-конверторні і електроплавильні способи. Тому вони поступово і витісняють мартенівський процес, який потребує багато природного газу.



3. Виплавка сталі в конверторах полягає в продуванні стисненим повітрям, або киснем розплавленого чавуну, що знаходиться у конверторі. Кисень окислює вуглець та інші домішки, які є в чавуні, перетворюючи його на сталь. Конвертор складається зі сталевого кожуха, викладеного зсередини вогнетривкою цеглою і може знаходитись:



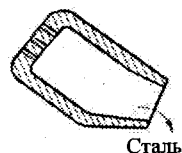
- у похилому положенні; при цьому заливають конвертор чавуном через горловину;



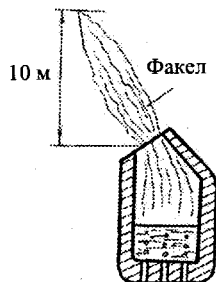
- вертикально, і після заливання чавуном конвертор продувають;



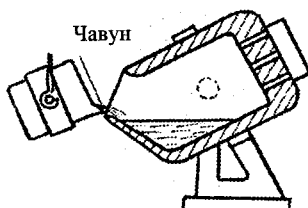
- у похилому положенні, в кінці плавки для випуску сталі.



4. Якщо перероблюваний чавун містить багато кремнію, то конвертування проводять за бесемерівським способом. У цьому випадку як вогнетривкий матеріал застосовують динасову цеглу. Під дією кисню окислюється кремній і марганець, які містять в собі чавун, і потім вони переходять в шлак. Після цього вигорає вуглець, утворюючи окис вуглецю, який виходячи із горловини конвертора і попадаючи в зовнішнє повітря, горить білим довгим полум'ям, утворюючи факел довжиною до 10 м. Коли полум'я спадає це служить ознакою згорання майже всього вуглецю, що міститься в чавуні. Одночасно з'являється бурий дим, який дає можливість судити про посилене згорання (окислення) заліза і про закінчення процесу.

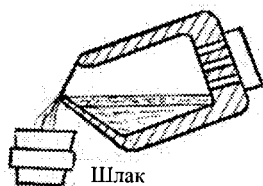


5. Одержаний в результаті бесемерівського процесу метал майже не вміщує вуглецю. Для того, щоб отримати метал необхідної якості, треба підвищити вміст вуглецю. З цією метою конвертор переводять знову у горизонтальне положення і завантажують його багатим вуглецем, чавуном або феромарганцем. В останньому випадку марганець виконує роль розкислювача, бо кисень, що знаходиться в металі, з'єднується з марганцем і перетворює його на шлак. Присутність в сталі окису заліза робить її крихкою. Тому в процесі виробництва сталь розкислюють, тобто в оксидів заліза забирають кисень. Для цього в кінці плавки у конвертор вводять певну кількість феромарганцю, феросиліцію та алюмінію. Для підвищення вмісту вуглецю у сталі до неї додають деяку кількість рідкого чавуну.

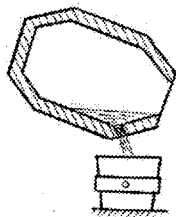


6. При великому вмісті в чавуні фосфору і сірки конвертування проводять за томасівським способом. Відмінною особливістю томасівського процесу від бесемерівського є заміна кислої футерівки конвертора основною. Основна футерівка робиться звичайно із магнезитової цегли (або доломітової), завдяки чому під час плавки в конвертор можна засипати гашене вапно, яке перетворює фосфор на шлак і тим самим очищає метал від цієї шкідливої домішки. Конвертор, який використовують при томасівському способі, має таку ж конструкцію, як і конвертор Бесемера.
7. Фосфор є основним паливом в томасівському способі. Він вигорає в кінці процесу, після вигорання кремнію, марганцю і вуглецю, і утворює фосфористу кислоту, яка перетворюється на шлак за допомогою вапна.

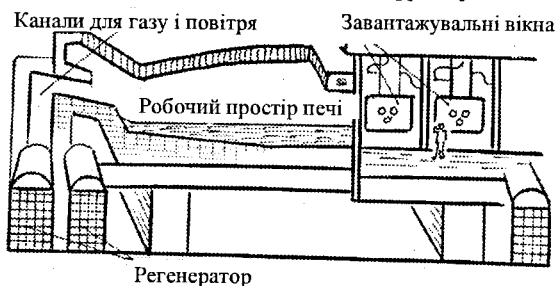
8. Після закінчення дуття шлак зливають, щоб при наступному насиченні металу вуглецем фосфор не відновлювався і не переходив знову в метал. Насичення вуглецем і розкислення проводиться подібно бесемерівському процесу.



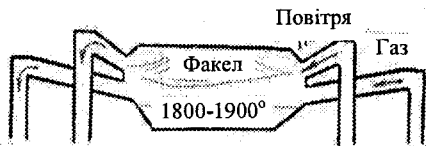
9. Продування триває не більше 15 хв., готову сталь випускають через отвір, який під час продування закритий глиняною пробкою. Для випуску конвертор переводять у похиле положення. Перевага кисневого конвертування полягає в тому, що якість виплавленої сталі наближається до якості мартенівської сталі. При кисневому дутті в конверторах можна перероблювати чавун будь-якого складу за рахунок сталевого лому та інших твердих домішок.



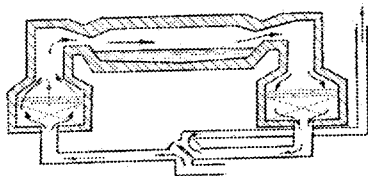
10. Виплавка сталі у мартенівських печах (запроваджена – французами П. і Е. Мартенами в 1865р.) відрізняється від конверторної виплавки більш високою температурою в плавильному просторі печі, що дозволяє перероблювати не лише чавун, але й сталеві відходи і лом.



11. Для мартенівської печі паливом служать газ і мазут. В паливний простір, викладений вогнетривкою цеглою, через вікна завантажують шихту. По каналах підводять повітря і газ, який при горінні розплавляє шихту. Температура у плавильному просторі доходить до 1800 – 1900 °С.

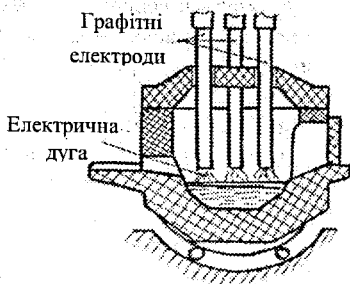


12. По каналах з іншої сторони продукти горіння палива відводять із плавильного простору в регенератори, в цегляній кладці якого продукти віддають тепло. З генератора продукти горіння через димову трубу виходять в атмосферу. При повороті кранів на газоходах, напрямок відвідних газів змінюється на зворотний і проводиться нагрів наступного регенератора. В той же час інший регенератор віддає зібране тепло повітрю і газу, які спрямовуються в піч. Потік газів змінює напрямок через кожні 10 – 15 хв.

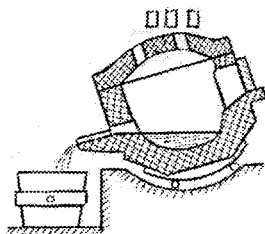


13. Україна помітно відстає від світових технологій щодо мартенівського виробництва. Якщо Японія припинила виробництво мартенівської сталі ще в 1977 р., а частка мартенівської сталі в США в 1990 р. впала до 3,6 %, то в Україні вона становить 52 %. Особливо помітне відставання України від темпів світового розвитку в галузі електроенергетики.
14. Залежно від шихти, що переробляється, розрізняють два основних види мартенівського процесу. Якщо шихта складається з 65 – 80 % сталевого лому і 20 – 35 % чушкового чавуну, то застосовують скрап-процес. Слово "скрап" означає лом, цей процес розповсюджується на заводах, де немає доменних печей.
15. Якщо плавку проводять на металургійному заводі, де є доменна піч, то шихта складається із розплавленого чавуну (85 – 90 %) і певної кількості сталевого лому та залізної руди. Процес плавки в цьому випадку називається рудним.
16. Виплавка сталі в електричних печах – найбільш досконалий спосіб порівняно з конверторним і мартенівським. В плавильному просторі електропечі підтримується висока температура (близько 2000 °С), що дає можливість вводити в сталь тугоплавкі метали. Застосування розкислювачів дозволяє видаляти, майже цілком, фосфор і сірку, тим самим одержувати сталь високої якості.

17. Електричні плавильні печі поділяються на дугові та індукційні. Дугова плавильна піч складається із сталевого кожуха, викладеного зсередини вогнетривкою цеглою. Зверху через спеціальні отвори вводять графітові електроди. Шихту завантажують через завантажувальне вікно. При проходженні електричного струму між електродами і шихтою виникає електрична дуга, створює високу температуру, в результаті якої плавиться шихта.



18. Готову сталь випускають через жолоб, нахилиючи піч, що здійснюється за допомогою поворотного пристрою. Місткість дугових печей змінюється в межах 0,5 – 180 т, а тривалість однієї плавки триває 3 – 6 год.



19. В індукційній плавильній печі тепло утворюється струмами високої частоти, які проходять по "обмотці" – водоохолоджувальній мідній трубці, розташованій навколо вогнетривкого тигля. При цьому метал нагрівається в тиглі й плавиться. Місткість індуктивних печей – від 10 кг до 10 т, тривалість однієї плавки від 30 хв. до 2 год. 30 хв. Індукційні печі застосовуються для отримання спеціальних сталей (нержавіючої, стійкої проти спрацювання, жаростійкої тощо).



20. Останнім часом в промислових масштабах здійснюють виробництво сталі безпосередньо із руди. Сировиною для одержання заліза є концентрат з 70% Fe в вигляді гранульованих та обпалених окатишів, які подають у шахтну піч прямого відновлення заліза. Знизу в піч подається газ-відновник (чадний газ) з температурою близько 1000 °С, який утворюється при взаємодії природного і колошникового газів: $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$. В результаті реакції відновлення ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CO} = 2\text{Fe} + 2\text{CO}_2$) вміст заліза в окатишах підвищується до 90...95 %. Далі окатиші поступають в електропіч, плавляться, метал очищається від домішок, до нього додають необхідні концентрати і дістають леговану сталь.

Контрольні запитання

1. В чому полягає суть переробки чавуну на сталь?
2. Яким способом виплавляють сталь? В чому перевага кожного із способів?
3. З якою метою застосовують кисень у виробництві сталі?
4. Чим відрізняється томасівський спосіб виплавки сталі від бесемерівського?
5. Яка будова мартенівської печі?
6. В чому суть виплавки сталі в конверторах?
7. В чому суть виплавки сталі в електричних печах?
8. За рахунок чого утворюється тепло в індукційній плавильній печі?
9. В чому суть виробництва сталі безпосередньо з руди?
10. Як працює мартенівська піч?

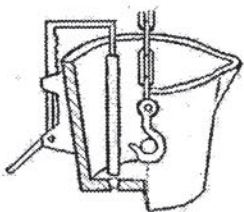
1.3 Розливання сталі (Навчальний елемент 3)

Цілі

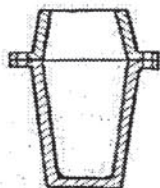
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен мати уявлення про:

- Ознаки, за якими розділяють три види сталі;
- способи розливання сталі;
- суть кристалізації і будову сталених злитків;
- безперервне розливання сталі.

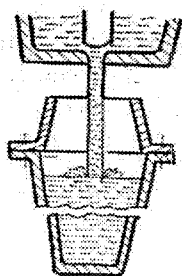
1. Розливання сталі після її плавлення має важливе значення у виробництві цього металу. Виплавлену у плавильній печі сталь випускають у розливний ківш і мостовим краном переносять до місця розливання у злитки.



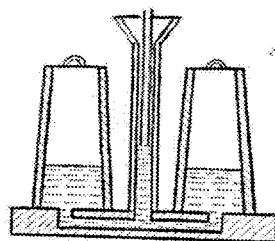
2. Сталь розливають у спеціальні форми – виливниці, чавунні форми для одержання великих зливків (*bullion*) різного перерізу (квадрат, прямокутник, багатокутник або круг). Маса злитків для прокатки становить більше 10 т, а для поковок досягає 350...400 т. У виливницях розплавлений метал остигає



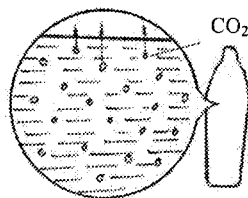
3. При застиганні рідкої сталі в виливниці будова її отримується неоднорідною. Залежно від способу виплавки сталі поділяють на спокійні, напівспокійні і киплячі. Всі вони мало відрізняються статичною міцністю, проте мають різні пластичні властивості, які найбільші в спокійній сталі й найменші в киплячій. Спокійна сталь (*calm steel*) виділяє мало газів і не „кипить”, тому зливоч утворюється щільним. Розлив у цьому випадку ведуть, заповнюючи виливниці зверху.



4. Киплячою сталь (*boiling steel*) називають не повністю розкислену у печі. Її розкислення продовжується у виливниці за рахунок взаємодії оксиду заліза FeO з вуглецем. Одержаний при цьому оксид вуглецю CO_2 виділяється зі сталі, що створює враження кипіння рідкого металу. Виділення газів відбувається і при затвердінні зливка, тому в ньому утворюється велика кількість розосереджених газових пузирів. Кипляча сталь найдешевша, вона має велику пластичність. Для киплячої сталі застосовують сифонний спосіб розливання, при якому одночасно заповнюють кілька виливниць знизу. Виливниці без дна встановлюються на чавунну основу. Сталь розливають у центральний ливник, звідки по каналах в основі вона надходить у виливниці знизу, що забезпечує плавне, без розбризкування, їх заповнення.

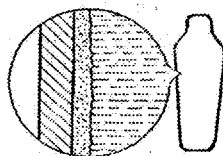


5. Напівспокійну сталь (*semiquiet steel*) добувають при розкислюванні феромарганцем і недостатній кількості феросиліцію або алюмінію. У цьому випадку злиток не має концентрованої усадочної раковини. Така сталь за якістю і цінністю є проміжною між киплячою і спокійною.

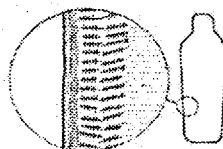


6. При заливанні у форму великої маси металу затвердіння не може відбуватися одночасно у всьому об'ємі зливка, воно розпочинається в тих місцях, від яких найбільш швидко відводиться тепло – біля стінок і дна форми, а потім поширюється всередину форми. Тому в злитку спостерігаються зони (шари) з різною будовою кристалів (зерен):

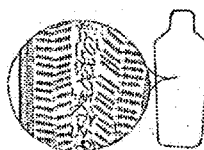
- зовнішній шар зливка складається з дрібних неорієнтованих зерен, бо сталь охолоджується відносно швидко. Кристали утворюються при дотиканні розплавленого металу з відносно холодними стінками виливниці; він значно переохолоджується і виникає багато центрів кристалізації. Ця зона поширюється на невелику глибину;



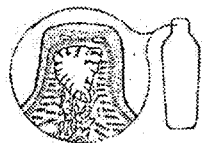
- після утворення першої зони умови тепло відведення змінюються, швидкість охолодження металу зменшується. Ріст кристалів набуває направленого характеру – вони ростуть від стінок форми до центра, в напрямі протилежному до відведення тепла, утворюється зона стовпчастих кристалів;



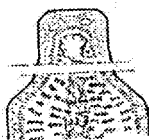
- у центрі зливка утворюється зона рівновісних кристалів. Температура металу, що застигає, встигає майже повністю вирівнятися в різних точках і рідина перетворюється ніби в кашоподібний стан;



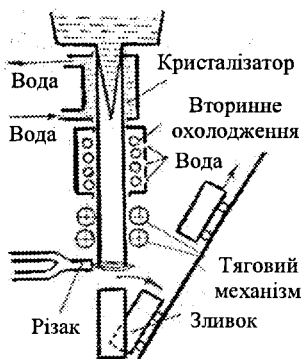
- у верхній частині зливка, через усадку і нерівномірне охолодження, утворюється усадочна раковина.



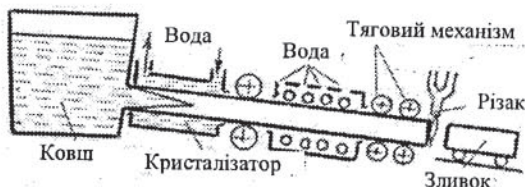
7. Верхню частину зливка де знаходиться усадочна раковина, яка називається додатком (*exhibit*), відрізають і направляють на переплавлення.



8. Спосіб безперервного розливання сталі – найбільш продуктивний і економічний. Першою у промисловості була застосована установка безперервного лиття заготовок вертикального типу. Рідка сталь з ковша безперервним струменем надходить в охолоджувальний водою кристалізатор. У кристалізаторі сталь твердне і утворюється зливковий, який безперервно витягується вниз роликми, що обертаються. Кінцево затвердлий виліток направляється до возиків з газорізаками. Опускаючись разом з возиками, зливки потрібної довжини відрізають і подають на склад.

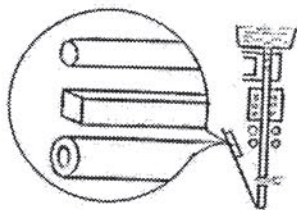


9. Поряд із способом вертикального розливання широко застосовують: радіальні, криволінійні, горизонтальні. Суть



способу безперервного розливання сталі горизонтального типу досить проста: рідка сталь із ковша надходить у наскрізну охолоджувану водою виливницю - кристалізатор. До початку розливання в кристалізатор заводять штучне дно (затравку). Рідкий метал при зіткненні з холодною затравкою і стінками кристалізатора починає тверднути, затравка разом із затверділим на ній металом повільно витягується із кристалізатора і тягне за собою утворювану таким чином заготовку (зливку). Її інтенсивно охолоджують струменем води. Далі все відбувається як і при вертикальному розливанні.

10. При безперервному розливанні відпадає необхідність мати виливницю, а зливки виходять зручними для транспортування і перероблення. При безперервному розливанні сталі дістають зливки від квадратних або круглих різних розмірів до пустотілих у вигляді товстостінних труб. На зливках відсутні усадочні раковини, що забезпечує вихід придатного металу до 98 % від маси виплавленого. Поверхня таких виливок відзначається високою якістю, а метал – однорідною будовою.



Контрольні запитання

1. В чому різниця між спокійною і киплячою сталлю?
2. Що таке розкислювання сталі?
3. В чому полягає будова сталевого зливка?
4. В чому суть безперервного розливання сталі?
5. Які переваги має безперервне розливання сталі?
6. В чому полягає суть сифонного розливання сталі?
7. Які способи розливання сталі ви знаєте?

1.4 Способи підвищення якості сталі (Навчальний елемент 4)

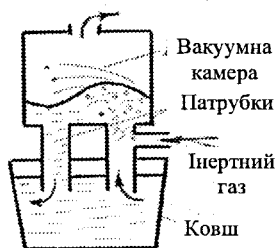
Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

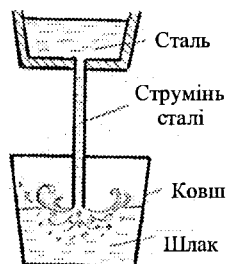
- суть поза пічного рафінування сталі;
- основні способи поза пічного підвищення якості сталі за рахунок рафінування (очищення);
- поняття про вакуумну обробку сталі;
- загальні способи переплавлення сталі і сплавів.

1. Виплавлені у різних плавильних агрегатах сталі не завжди своїми властивостями задовольняють вимоги сучасної техніки. Ось чому для поліпшення їх властивостей розроблені спеціальні технологічні процеси поза пічного рафінування і рафінувальних переплавлень.

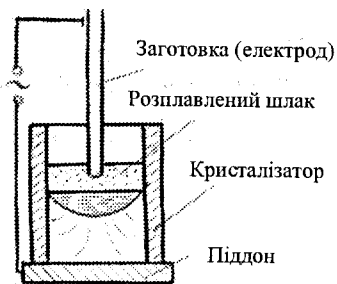
2. Один із методів позапічного рафінування сталі, який найчастіше застосовують – є обробка у вакуумі. Таку обробку застосовують для зменшення вмісту в сталі розчинених газів (O_2 , H_2 , N_2). При цьому завдяки інтенсивному перемішуванню металу бульбашками газів, що виділяються, відбувається видалення у результаті флотації частини неметалевих вкраплень, які “прилипають” до бульбашок газів, виносяться ними наверх у шлак.



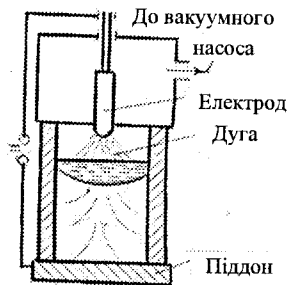
3. Обробка сталі синтетичним шлаком. Сіть цієї обробки полягає в тому, що спочатку в розливний ківш заливають рідкий шлак (близько 45 % CaO , 40 % Al_2O_3 , а решта SiO_2 і MnO), кількістю 3...5 % від маси рідкої сталі. Потім з висоти потужним струменем випускають виплавлену сталь. У результаті інтенсивного перемішування сталі і шлаку поверхня їх взаємодії значно збільшується, тому процеси рафінування значно прискорюються.



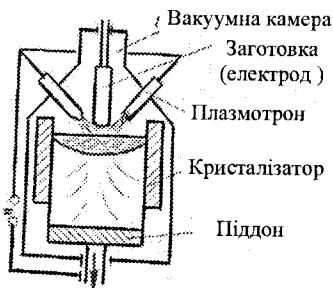
4. При електрошлаковому переплавленні сталь, що надходить в установку у вигляді електрода, впроваджується в розплавлений шлак з великим електричним опором. Тому при проходженні електричного струму в шлаку останній нагрівається до температури, достатньої для розплавлення електрода. Каплі металу проходять крізь шар шлаку, збираються у ванні, твердіють в охолоджуваній воді виливниці і утворюють злиток. При цьому кристалізація металу проходить послідовно, що сприяє видаленню неметалевих вкраплень і бульбашок газу.



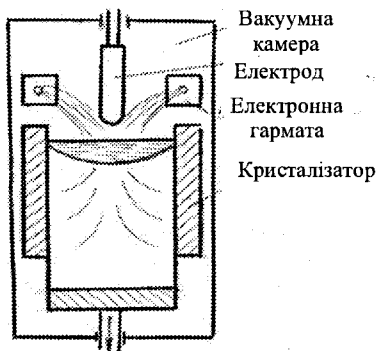
5. Вакуумно-дугову переплавку проводять у вакуумних дугових печах з електродом, що переплавляється, при цьому злиток утворюється, як і при електрошлаковому переплавленні. У печі підтримується вакуум близько 1,5 Па, що сприяє добрій очистці металу від газів, а направлена кристалізація забезпечує видалення неметалевих вкраплень, утворення щільної структури і виключає утворення усадочної раковини.



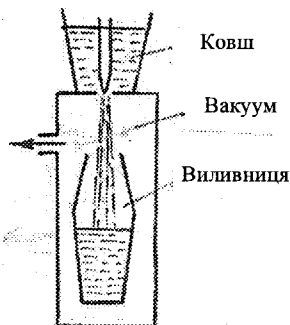
6. Плазмово-дугову переплавку застосовують для добування сталі і сплавів особливо високої чистоти. Джерелом теплоти в установці є плазмова дуга з температурою близько 10000 К. Вихідний матеріал для виготовлення злитків поступає у вигляді електрода чи відходів металообробки. Завдяки високій температурі з металу інтенсивно випаровується сірка і фосфор (шкідливі домішки сталі), а також видаляються неметалеві домішки.



7. Електронно-променеву переплавку здійснюють за рахунок теплоти, яка утворюється в результаті опромінення металу потоком електронів. Переплавка проводиться у вакуумних установках, подібних до тих, що використовуються при плазмодуговому переплавленні.



8. Глибокий вакуум і сприятливі умови твердіння забезпечують одержання особливо чистого металу. Тому підвищення якості сплаву рафінувальним переплавленням застосовують для добування сталей особливо високої чистоти, сплавів з спеціальними властивостями.



Контрольні запитання

1. Що таке позапічне рафінування сталі?
2. В чому суть вакуумної обробки сталі?
3. За рахунок чого відбувається видалення частин неметалевих вкраплень при переплавленні металу?
4. В чому полягає суть електрошлакового переплавлення сталі?
5. Які є способи підвищення якості сталі?
6. В чому полягає суть плазмодугового переплавлення сталі і сплавів?
7. В чому суть обробки сталі синтетичним шлаком?

1.5 Виробництво кольорових металів (Навчальний елемент 5)

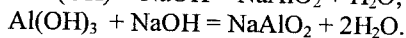
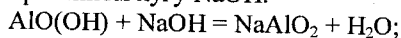
Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- послідовність добування кольорових металів із руд;
- поняття про хімічні та фізичні процеси, що виконуються при добуванні кольорових металів.

1. Виробництво алюмінію. Алюміній – найпоширеніший метал в земній корі. Його вміст становить 8,8 %. Добувають алюміній із порід з високим вмістом глинозему Al_2O_3 або гідроксидів $\text{Al}(\text{OH})_3$ та $\text{AlO}(\text{OH})$. Виробництво алюмінію складається з двох процесів: виділення глинозему з руди і його електроліз.

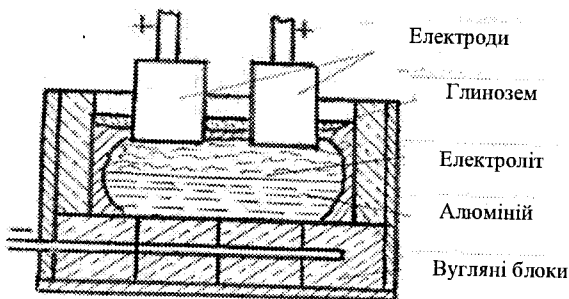
2. Глинозем виготовляють лужним способом. Для цього подрібнений боксит піддають вилугуванню – хімічному розкладанню концентрованим розчином лугу NaOH :



При цьому добре розчинний алюмінат натрію NaAlO_2 переходить у розчин, а домішки випадають в осад. Потім алюмінат натрію NaAlO_2 розкладають і одержують гідроксид алюмінію $\text{Al}(\text{OH})_3$, при прожарюванні якого утворюється глинозем Al_2O_3 .

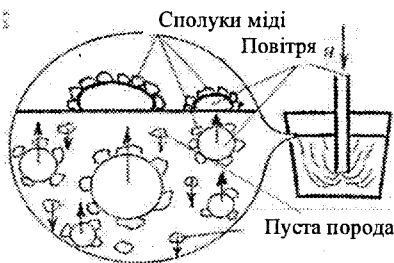
3. Електроліз глинозему. Утворений глинозем розчиняють у рідкому електроліті (розплавлений кріоліт – фторид алюмінію і натрію Na_3AlF_6 і піддають електролізу в електролізних ваннах, які складаються зі

стального кожуха, футерованого всередині вугляними блоками, і вугляних анодів, підвішених на шинах. При проходженні струму через аноди, занурені в електроліт, на стінках ванни виділяється алюміній.

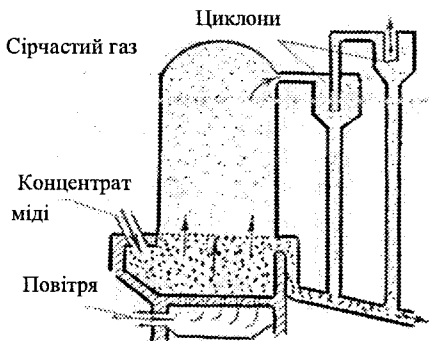


4. Рафінування алюмінію полягає в продуванні рідкого металу при температурі 750...770 °С хлором протягом 10...15 хв. Після цього метал розливають у форми для отримання чушок, які можуть прокачуватися в листи.
5. Виробництво міді. Вміст міді в земній корі становить 0,01%. Мідь добувають із сульфідних окислених мідних руд (мідний колчедан, куприт чи малахіт). Їх майже завжди збагачують, що дозволяє виділити із руди мідний концентрат, у якому може знаходитися до 35% Cu.

6. Збагачують мідні руди методом флотації, основаним на різному змочуванні водою сполук міді і пустої породи. Флотаційні реагенти адсорбуються на частинках руди у вигляді погано змоченої водою плівки. При продуванні пульпи бульбашки повітря концентруються на поверхні цих частинок сполук міді і піднімають їх наверх, утворюючи шар піни, а погано змочувана водою пуста порода осідає на дно ванни.

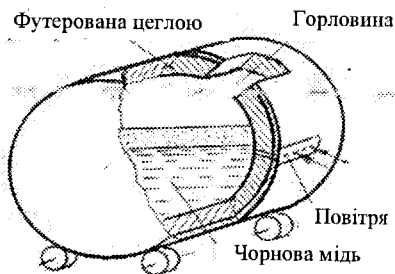


7. Після фільтрації і сушіння зібраної піни концентрат випалюють при 750...850 °С з метою окислення сульфідів і зменшення вмісту сірки. При випалюванні у „киплячому” шарі подрібнений концентрат завантажується у піч крізь вікно, а знизу через отвори в піддоні поступає повітря. Тиск повітря встановлюється таким, щоб частинки концентрату знаходились в завислому („киплячому”) стані. Виплавлений концентрат „переливається” через поріг печі.

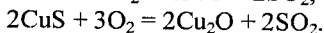
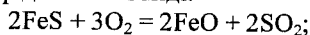


8. Штейн у затверділому стані – це сплав сульфідів, переважно міді і заліза і сульфідів цинку, свинцю, нікелю. Мета плавки на штейн – відділення сірчистих з'єднань міді і заліза від інших домішок, що присутні в руді.

9. Чорнова мідь утворюється при продуванні розплавленого штейну повітрям у конверторі – горизонтально розташований посудині завдовжки 5...10 м і діаметром 3...4 м, футерованій магnezитовою цеглою. Повітря задувається всередину конвертора близько 50 фурм. Для заливання штейну в горловину і виливання продуктів плавлення конвертор повертають на роликах.

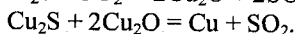
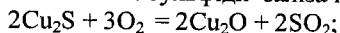


10. Конвертування проходить за два періоди. У першому періоді окислюються сульфіди заліза і міді:



Оксид заліза FeO зв'язується флюсом - кремнеземом SiO_2 і виділяється в шлак.

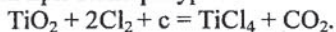
11. У другому періоді окисляються сульфіди заліза і міді:



Виплавлену мідь називають чорною тому, що вона містить до 1,5 % домішок.

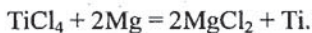
12. Для очистки від домішок чорнову мідь піддають вогневому і електролітичному рафінуванню. Вогневе рафінування полягає в окисленні домішок у печах при продуванні чорної міді повітрям. При цьому кисень повітря сполучається з міддю і утворює оксид міді, який потім реагує з домішками. Після вогневого рафінування чистота міді досягає 99...99,5 %.
13. Електролітичне рафінування застосовують для міді чистотою до 99,95%. Електроліз проводять у спеціальних ваннах. При проходженні струму анод із чорної міді розчиняється, вона переходить у розчин у вигляді катіонів, які потім відкладаються шаром чистої міді.
14. Виробництво титану. За вмістом у земній корі (0,61 %) титан займає четверте місце після алюмінію, заліза та магнію. Відомо близько 60 мінералів титану, з них промислове значення мають ільменіт ($\text{Fe}_3\text{O}_4 \dots \text{TiO}_2$) і титаніт ($\text{CaO} \dots \text{TiO}_2 \dots \text{SiO}_2$).

15. При добуванні титану застосовують вибіркове відновлення. Концентрат перемішують з коксом і переплавляють в електропечі. В результаті плавлення утворюється шлак із вмістом 65...85% TiO_2 та інших оксидів. Цей шлак піддають хлоруванню – обробці розплавленими хлоридами. У присутності коксу хлорування двоокису титану відбувається при температурі близько 600 °С за реакцією:



16. Разом з хлоридом титану утворюються і хлориди інших домішок. Хлорид титану (TiCl_4) плавиться при температурі -23 °С і кипить при +136 °С тому він виділяється в хлораторі як пара. Менш леткі хлориди магнію, кальцію та інших металів утворюють рідину. Парогазова суміш за допомогою системи конденсаційних установок та різної температури конденсації домішок хлоридів і титану очищається.

17. Металевий титан дістають відновленням TiCl_4 магнієм в ретортах за реакцією:



Титан в реторті виділяється у вигляді губки. Плавку титанової губки здійснюють у вакуумних електродугових печах. Чистота титану становить 99,6...99,7 %.

Контрольні запитання

1. Який метал найпоширеніший в земній корі?
2. Який метал добувають з глинозему?
3. Що є рудою для добування основних кольорових металів?
4. В чому суть виробництва алюмінію, міді і титану?
5. Які хімічні процеси відбуваються при збагачуванні руд кольорових металів?
6. Які існують дві стадії виробництва алюмінію?
7. Що таке електроліз глини?

Тести першого модуля

1. Як називається метод збагачення залізної руди?
а) коксування; б) спікання; в) розкислення.
2. Як називається основне паливо для виплавки чавуну?
а) флюси? б) агломерат; в) кокс.
3. Як називається піч для виплавки чавуну?
а) домна; б) мартен; в) конвертор.
4. Які із цих частин не є частинами доменної печі?
а) ківш; б) горн; в) шахта.
5. Як називається дно горна доменної печі?
а) під; б) колошник; в) розпар.
6. Як називаються чавуни які використовуються для виробництва виливків?
а) переробні; б) феросплави; в) ливарні.
7. Що ще крім чавуну виливають з поду доменної печі через льотки?
а) сталь; б) кокс; в) шлак.
8. Чим відрізняється сталь від чавуну?
а) вмістом вуглецю; б) вмістом кисню; в) вмістом залізної руди.
9. Ознакою чого є поява з горловини конвертора бурого диму?
а) згорання вуглецю; б) згорання заліза; в) згорання сірки.
10. Яка із цих назв печей не є піччю для виплавки сталі?
а) домна; б) мартен; в) конвертор.
11. В якій печі виплавляється сталь вищої якості?
а) конвертор; б) електропіч; в) мартен.
12. Як називається піч для виплавки сталі в якій тепло утворюється струмом високої частоти?
а) бесемерівський конвертор; б) дугова; в) індукційна.
13. Що є паливом для мартенівської печі?
а) вугілля; б) кокс; в) газ.
14. З чого отримують сталь в конверторній печі?
а) залізної руди; б) чавуну; в) металевому лому.
15. Як називаються форми, в яких розливають сталь?
а) опоки; б) виливниці; в) додаток?
16. Яку частину зливка відрізають і направляють на переплавлення?
а) додаток; б) середню; в) нижню?
17. Яка сталь при розплавленні виділяє велику кількість газів:
а) спокійна; б) напівспокійна; в) кипляча?
18. Як називають верхню частину зливка, при розливанні сталі:
а) додаток; б) опока; в) усадочна раковина?
19. Який метал найпоширеніший в земній корі?
а) залізо; б) мідь; в) алюміній.
20. Який метал добувають з глинозему?
а) алюміній; б) мідь; в) титан.

2 СТРУКТУРА МЕТАЛІВ

2.1 Атомно-кристалічна будова металів (Навчальний елемент б)

Цілі

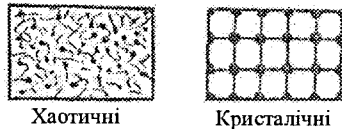
Закінчивши вивчення даного розділу, студент повинен визначати:

- стани речовини, в яких вона може перебувати;
- ознаки, за якими характеризуються метали в твердому стані;
- типи основних кристалічних решіток металів в залежності від схеми розміщення атомів;
- поняття анізотропії як вона впливає на властивості металу.

1. Відомо, що речовина при звичайних температурах і тисках може перебувати у твердому, рідкому і газоподібному станах. При певних умовах вона ще може бути у плазмовому (частково або повністю іонізований газ) або надгустому станах.

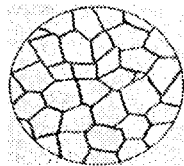


2. Розрізняють тіла аморфні, в яких атоми розташовані хаотично (*chaotic*), а також тіла кристалічні, в яких атоми розташовуються у певному геометрично правильному порядку. Метали – тіла кристалічні (*bode crystalline*).

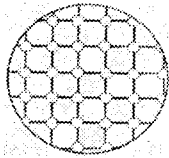


3. Метали в твердому стані характеризуються такими ознаками: високою теплопровідністю і електропровідністю; позитивним коефіцієнтом електричного опору; термоелектронною емісією; високим альбедо (відбивною здатністю); підвищеною здатністю до пластичної деформації (ковкості).

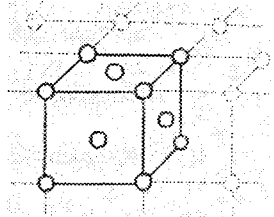
4. Найбільш поширеним є використання металів і їх сплавів в твердому полікристалічному стані. Метали, якщо їх отримують звичайним способом, є полікристалічними тілами, які складаються з великої кількості дрібних кристалів по різному орієнтованих один відносно одного.



5. Основною ознакою, за якою тіло вважають кристалічним, є не зовнішня форма тіла, а його внутрішня будова. Кристалічне тіло в твердому стані характеризується певним, закономірним розміщенням (кристалічну) решітку. Решітка складається з ряду паралельних кристалографічних площин, що знаходяться на певній відстані одна від одної. У вузлах кристалічної решітки знаходяться атоми або позитивно заряджені іони.

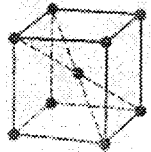


6. Кожна кристалічна решітка складається з багатьох елементарних кристалічних комірок, які мають різну кількість атомів або іонів. Під елементарною кристалічною коміркою розуміють найменший комплекс атомів, який при багаторазовому повторюванні в просторі дозволяє відтворити кристалічну решітку.

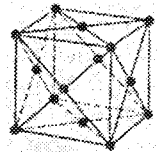


7. Для більшості чистих металів і їх сплавів найбільш характерними є три типи кристалічних решіток:

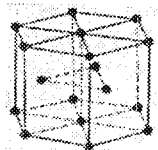
- кубічна об'ємноцентрована решітка (ОЦК), в елементарній комірці якої міститься дев'ять атомів (вісім у вершинах куба і один – у центрі). Чорні кружки, що зображують атоми, містяться в центрі і в вершинах куба. Такий тип решітки мають літій, натрій, калій, ванадій, молибден, вольфрам, ніобій, тантал, хром, титан (β -фаза) при $885-1720\text{ }^{\circ}\text{C}$, α -залізо при температурах нижче $910\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище $1401\text{ }^{\circ}\text{C}$ тощо.



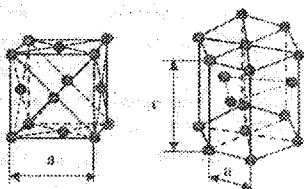
- кубічна гранецентрована решітка (ГЦК), в елементарній комірці якої знаходиться 14 атомів (вісім – у вершинах і шість – на гранях куба). Таку решітку мають мідь, золото, срібло, алюміній, свинець, платина, нікель, кальцій, γ -залізо при $910-1401\text{ }^{\circ}\text{C}$ тощо;



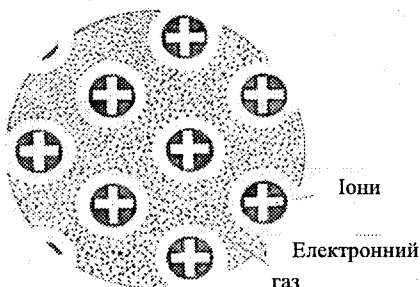
- гексагональна решітка з щільною упаковкою атомів (ГПУ), в елементарній комірці якої знаходиться 17 атомів. Таку решітку мають магній, цинк, кадмій, титан (α -фаза) до $885\text{ }^{\circ}\text{C}$, телур, берилій гафній, осмій та інші.



8. Розміри кристалічних решіток характеризуються відстанню між центрами сусідніх атомів, які знаходяться в вершинах елементарних комірок, – параметром або періодом решітки. Кубічні решітки визначаються одним параметром – довжиною ребра куба, а гексагональна двома: a і c або їх відношенням c/a .

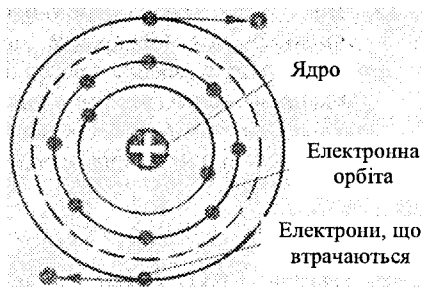


8. Утворення кристалічної решітки атомами металів зумовлюється металічним зв'язком. Суть його полягає у тому, що згідно з теорією металічного стану, у всіх, або в деяких атомів з вузлів кристалічної решітки, окремі валентні електрони, які знаходяться на

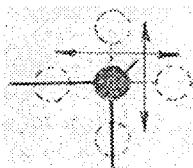


зовнішній електронній оболонці, відриваються і вільно переміщуються між позитивно зарядженими іонами і атомами, що залишилися, утворюючи “електронний газ”. Ці електрони при неперервному русі в кристалічній решітці одночасно притягуються до декількох позитивно заряджених іонів, що і забезпечує металічний зв'язок між ними.

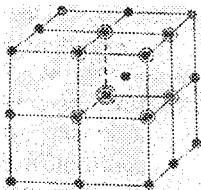
9. Залежно від числа атомів металу, які втрачають електрони і стають позитивно зарядженими іонами, загальна кількість вільних електронів може бути різною, що і зумовлює різні властивості в різних металах: тепло- і електропровідність, пластичність тощо.



10. Атоми металів знаходяться у коливальному русі біля точок, які називають “вузлами” решітки. Чим вища температура, тим більша амплітуда цих коливань.



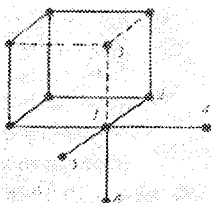
11. Елементарні кристалічні решітки заповнені атомами з різною щільністю, тобто мають різну компактність. Наприклад, в ОЦК-решітці один атом знаходиться в центрі куба і в восьми вершинах знаходиться вісім атомів, котрі одночасно належать восьми сусіднім елементарним коміркам. Значить, на кожну елементарну ОЦК-решітку припадає $1 + (1/8) \cdot 8 = 2$ атоми. Це число атомів для ОЦК-решітки називають базисним.



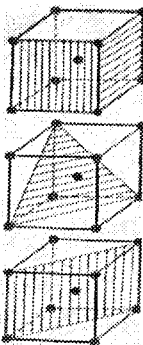
12. Решітка ГЦК має базисне число $(1/8) \cdot 8 + (1/2) \cdot 6 = 4$, а ГПУ – 6. Щільність елементарної комірки в різних кристалічних решітках різна, тобто, об'єм, який займають атоми, не однаковий.



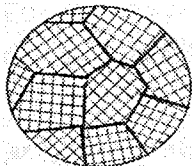
13. Щільність кристалічної решітки характеризується координаційним числом K , яке вказує на число атомів, що знаходяться на рівній і найменшій відстані від даного атома, воно характеризує розподіл сил взаємного зв'язку між атомами.



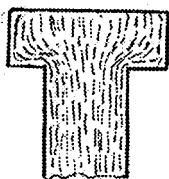
14. Чим вище координаційне число, тим більша щільність упаковки атомів. Якщо провести площини в решітках, в деяких певних напрямках, то в різних площинах виявиться різне число атомів. Неоднорідна щільність атомів в різних напрямках викликає в них різні механічні і фізичні властивості кристала.



15. Різниця властивостей металів в залежності від напрямку прикладення дії на зразок називається анізотропією, а самі метали – анізотропними тілами. Так, наприклад, якщо з монокрystala заліза вирізати в різних напрямках кілька зразків, то, в залежності від напрямку вирізання, модуль пружності цих зразків може змінюватися з 290000 до 135000 МПа.



16. Metали, які затверділи при звичайних умовах, великої кількості по різному орієнтованих кристаліків, тому властивості цих металів будуть приблизно однаковими по всіма напрямками, однак, варто лише на заготовку подіяти якимось чином (наприклад куванням, прокаткою чи волочінням), як кристаліки орієнтуються приблизно в напрямку дії і заготовка набуває анізотропних властивостей.



Контрольні запитання

1. В яких станах може перебувати речовина?
2. Чим відрізняється кристалічне тіло від аморфних?
3. Якими ознаками наділені метали?
4. Як ви розумієте словосполучення полікристалічне тіло?
5. За якими ознаками тіло вважається кристалічним?
6. Що таке елементарна кристалічна решітка?
7. Назвіть три характерних кристалічних решітки металів?
8. В чому суть металевого зв'язку утворення кристалічної будови металів?
9. Чим зумовлені різні властивості металів?
10. Як залежить амплітуда коливань атомів від температури?
11. Як визначають кількість атомів, що припадають на одну елементарну решітку?
12. Що таке анізотропія і як вона впливає на властивості металу?

2.2 Дефекти кристалічної будови (Навчальний елемент 7)

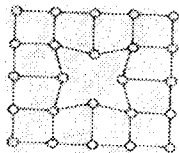
Цілі

Засвоївши даний розділ, студент повинен володіти інформацією щодо:

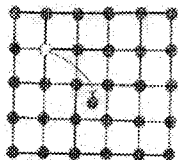
- причин утворення дефектів кристалічної будови реальних металів;
- дислокацій, їх визначення та причин утворення;
- впливу дефектів кристалічної будови металів на їх властивості.

1. Всі реальні кристалічні тверді тіла (зокрема, метали) завжди мають дефекти в своїй будові, які чинять вплив, нерідко рішучий, на властивості твердих тіл. Ці дефекти малі у всіх трьох вимірах і їх розміри не перевищують декількох атомних діаметрів. До них відносять вакансії (*vacancies*), міжвузлові атоми, атоми заміщення, атоми проникнення.

2. Вакансії – точкові дефекти, коли вузли кристалічних решіток незаповнені атомами. Вакансії найчастіше утворюються в результаті переходу атомів з вузла решітки на поверхню і рідше – переходу атома зі свого місця в міжвузловий простір.

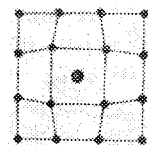
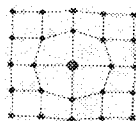


3. Міжвузлові атоми утворюються в результаті переходу атома з вузла кристалічної решітки в міжвузловий простір. На місці атома, який вийшов з кристалічної решітки, утворюється вакансія.

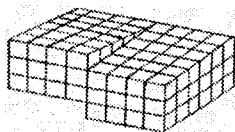


4. Примісні атоми – атоми іншого матеріалу, деформують кристалічну решітку кристала внаслідок:

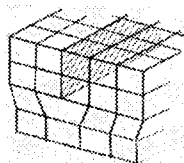
- відмінності своїх розмірів від розмірів атомів основного металу, заміщаючи атоми у вузлах кристалічної решітки;
- або займаючи вільний простір між вузлами основної решітки.



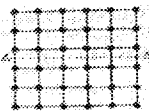
5. Дислокаціями (*dislocation*) називають лінійні недосконали або одновимірні дефекти кристалічних решіток реальних металів, що являють собою особливі порушення кристалічної будови, які пов'язані з відхиленням реальних кристалів від ідеальної їх будови. Виникають вони в металах в процесі кристалізації, пластичної деформації та з інших причин, що визивають утворення полів напруження в кристалічній решітці, які приводять до відповідних локальних деформацій зміщень. Їх назва походить від латинського слова *dislocation*, що в перекладі означає зміщення, зсув.



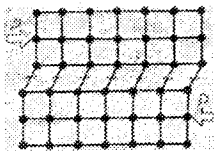
6. Крайова дислокація (*virginal dislocation*) – локальне спотворення кристалічної решітки, яке викликане присутністю в ній зайвої атомної півплощини. Дислокаційні лінії не обриваються всередині кристалу, вони виходять на його поверхню, закінчуються на інших дислокаціях або утворюють замкнуті дислокаційні петлі.



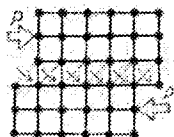
7. Уявімо елементарний пластичний зсув для кожної пари спряжених атомів відносно площини ковзання AA з врахуванням сил міжатомної взаємодії.



8. Враховуючи, що в площині ковзання реального металевого кристалу є біля 10^{14} атомів на кожен сантиметр квадратний перерізу, потрібно дуже велике зусилля (для технічного заліза в десятки разів більше, ніж це реально спостерігається).

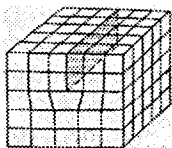


9. При досягненні необхідного зусилля відбувається пластичний зсув по всій площині ковзання.

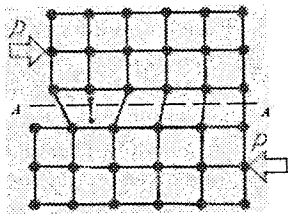


10. Якщо уявити, що в кристалічній решітці з будь-яких причин з'явилась зайва півплощина атомів, так звана екстра площина. Край такої площини утворює лінійний дефект решітки, який називають крайовою дислокацією. Така дислокація може простягатися в довжину на багато тисяч періодів решітки. Кругом дислокації утворюється зона пружного скривлення решітки.

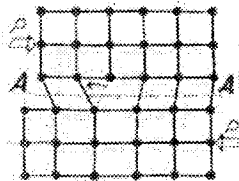
решітці з



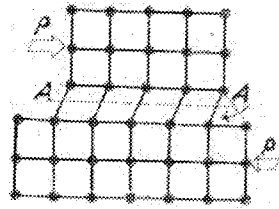
11. Пластичний зсув в металі слід роздивлятися як процес естафетного переміщення дислокацій. В результаті наявності дислокації в кристалі по обидві сторони зсуву AA виникає скривлений стан кристалічної решітки з порушенням порядком ідеальних зв'язків між атомами. В цьому випадку достатньо буде прикласти невелике зовнішнє зусилля P, щоб викликати розповсюдження хвилі послідовних зміщень вертикальних рядів атомів над площиною ковзання AA.



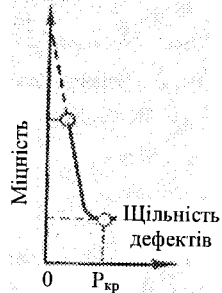
12. В результаті проходження цієї хвилі дислокації, як своєрідної естафети, дислокація буде послідовно передаватися сусіднім рядам атомів, поки не вийде на межу зерна.



13. При передачі руху від частого зміщення рядів атомів дислокація виїде на поверхню, де і зникне, як це показано на рисунку. Так, кінцевим результатом переміщення дислокації вздовж площини ковзання AA є зсув на одну міжатомну відстань, причому для виконання цього зсуву знадобилося значно менше зусилля, ніж при відсутності дислокації.



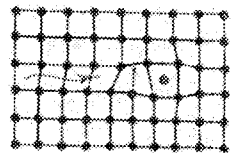
14. Звідси можна зробити висновок, що процес зсуву в кристалі відбувається тим легше, чим більше дислокацій існує в металі. Навпаки, чим менше в металі таких дислокацій, тим менше можливостей для зсуву і тим він міцніший. В металі, в якому не утворюються дислокації, зсув можливий тільки за рахунок одночасного зміщення одної частини кристала відносно другої. В цьому випадку міцність бездислокаційного металу повинна бути рівна теоретичній. Відомо, що міцність нитковидних кристалів металів – так званих вусів – виявилась ближче до теоретичної, що, згідно з передбаченими, обумовлено дуже малою кількістю дислокацій.



15. Реальна міцність металів зменшується із збільшенням числа дислокацій тільки спочатку. Досягнувши мінімального значення при деякій критичній щільності дислокацій, реальна міцність знову починає збільшуватись. Теорія дислокацій дозволила пояснити, чому реальна міцність металів (для технічно чистого заліза дорівнює 2,5 – 3,0 МПа) суттєво відрізняється від теоретичної міцності (підрхованої з врахуванням сил міжатомної взаємодії), яка для заліза складає близько 200 МПа.



16. Збільшення реальної міцності із збільшенням щільності дислокацій пояснюються тим, що при цьому виникають не тільки паралельні одне одному дислокації, але і дислокації в різних площинах і напрямках. Такі дислокації будуть перешкоджати одна одній переміщатися і реальна міцність металу збільшиться.



17. Традиційним способом зміцнення металів, які ведуть до збільшення щільності дислокацій, є механічний наклеп, зменшення зерна і загальна фрагментація кристалів в результаті термообробки. Деякі давно відомі методи легування (наприклад, внесення в решітку основного металу чужорідних атомів), які утворюють всякого роду недосконалість і викривлення кристалічної решітки, що чинить перепони вільному переміщенню дислокацій або блокують їх.

Контрольні запитання

1. Що являється причиною виникнення дефектів реальних кристалів?
2. Що таке вакансії?
3. Що таке міжвузлові атоми?
4. Чим відрізняється пластичний зсув в ідеальній кристалічній решітці, від реальної?
5. Як залежить міцність металів із збільшенням числа дислокацій?
6. Як можна пояснити, що із збільшенням щільності дислокацій реальна міцність спочатку різко зменшується, а потім поступово збільшується?

2. 3 Методи дослідження структури металів

(Навчальний елемент 8)

Цілі

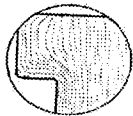
Засвоївши даний розділ, Ви володітиме технічною інформацією щодо:

- застосування різних методів дослідження структури металів та сплавів;
- поняття мікроаналізу та макроаналізу внутрішньої будови металів та сплавів;
- способів дослідження структури мікроаналізом та макроаналізом;
- вимог стосовно виготовлення мікро- та макрошліфів;
- фізичного та термічного аналізів металів та сплавів.

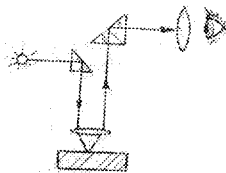
1. Метали характеризуються фізичними, хімічними, технологічними та іншими спеціальними властивостями. Встановлено залежність між властивостями металів та їх внутрішньою будовою, знайдено засоби зміни властивостей у необхідному напрямі. Властивості визначаються структурою, під якою розуміють внутрішню будову металів та сплавів, що характеризуються закономірним розташуванням атомів і молекул, які утворюють кристалічну решітку.

2. Розрізняють макро- і мікроструктуру металів та сплавів. Макроструктура – будова металу, яку можна виявити неозброєним оком чи за допомогою лупи при невеликому збільшенні (в 30 разів). Найчастіше макроаналіз використовують для визначення:

- форми, розмірів та взаємного розміщення крупних зерен кристалів;
- характерного розташування волокон у деформованому металі (кованих та штампованих деталей);
- якості зварних швів, пористості, раковин, тріщин, шлакових включень, наявності сіркових та інших домішок,
- первинних кристалів та пустот, які з'являються після лиття.

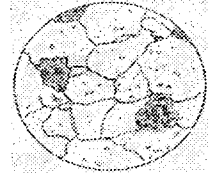


3. Макробудову можна вивчити не лише безпосередньо на поверхні металів (відливок, поковок), але й в зламах заготовок або на спеціально підготовлених вирізаних поверхнях, в тому числі і внутрішніх, які перед дослідженням шліфують і протравляють спеціальними травниками для більш рельєфного виявлення структури цих поверхонь.
4. Макрошліф – це зразок, підготовлений шліфуванням та травленням реактивами після вирізування його з деталі за характерним перерізом. Реактиви (кислот, лугів чи солей) здатні по-різному забарвлювати та розчиняти складові структури зразка, а також розширювати тріщини, пори та сприяти більш досконалому вивченню інших дефектів
5. Мікроструктура – кристалічна будова металів та сплавів, яку можна виявити при збільшенні за допомогою металографічного (збільшення в 40...2500 разів) або електронного мікроскопа (збільшення в 25000 разів). Мікроскопічний метод дослідження металів і сплавів, або мікроаналіз, дає змогу вивчати структуру металів і сплавів за допомогою мікроскопа на спеціально підготовлених зразках, які називаються мікрошліфами.



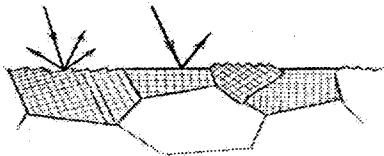
6. Для визначення структури виготовляють мікрошліф, поверхня якого розглядається під мікроскопом. Готують мікрошліфи спочатку так само як і макрошліфи (вирізання та шліфування зразків), але тут обов'язкове полірування поверхні перед травленням. Властивості металів та сплавів визначаються головним чином особливостями їхньої структури. Структура формується в результаті кристалізації та перекристалізації металу. Визначальними факторами структури є форма та розміри зерен.

7. Мікроаналіз дає змогу визначити фазовий склад сплаву, розмір, форму та взаємне розміщення зерен, різні мікропори тощо. Спосіб дозволяє виявити та зафіксувати із збільшенням структуру, що розглядається на фотографії.

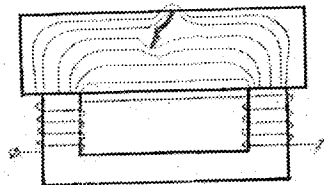


8. Мікрошліфом називають зразок, поверхня якого відполірована. Чим більш гладенькою буде поверхня шліфа, тим чіткіше одержимо зображення структури, тому що мікроструктуру можна розглядати лише в світлі променів, відбитих від поверхні мікрошліфа.

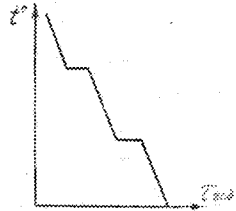
9. При травленні хімічними реактивами поверхні мікрошліфа не всі її ділянки розчиняються однаково. Розчинність полірованої поверхні залежить від характеру орієнтації зерен у металі та хімічного складу. Оскільки зерна в металі розміщені один проти одного по-різному, то вони неоднаково й розчиняються – одні сильніше, інші слабше. Розглядаючи травлену поверхню під мікроскопом, спостерігаємо розміщення зерен всередині металу як наслідок нерівномірності розсіювання світлових променів.



10. Фізичні способи аналізу та контролювання металів і сплавів застосовують для виявлення внутрішніх дефектів (пористості, шлакових і газових включень) при дослідженні кристалічної будови. Для визначення внутрішніх дефектів можна застосувати рентгенівський аналіз, спосіб радіоактивних ізотопів, ультразвуковий та магнітний способи.



11. Термічним аналізом називають спосіб дослідження металів та сплавів при нагріванні та охолодженні зразка, що контролюється, його застосовують для встановлення критичних точок при побудові діаграми стану сплавів. Одержані діаграми стану сплавів дають необхідну характеристику температурного перетворення сплавів.



Контрольні запитання

1. Що таке мікроаналіз і як його проводять?
2. Як готують мікрошліфи?
3. Чим відрізняється мікроаналіз від макроаналізу?
4. Що можна визначати при мікроаналізі?
5. Що таке фізичні способи аналізу?
6. Які дефекти виявляють при фізичних способах аналізу?
7. Що таке термічний аналіз сплавів?
8. З якою метою поверхню мікрошліфа травлять хімічними реактивами?

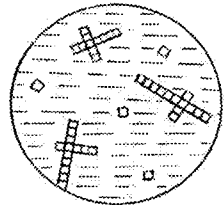
2.4 Плавлення та кристалізація металів

(Навчальний елемент 9)

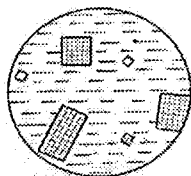
Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент повинен володіти технічною інформацією щодо:

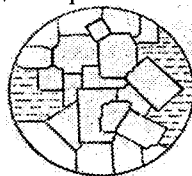
- визначення процесу кристалізації металів;
 - умов росту кристалів залежно від швидкості охолодження;
 - дендритної кристалізації за умов прискореного охолодження;
 - регулювання розмірів зерен за рахунок штучного введення в розплавлений метал речовин, які утворюють центри кристалізації.
1. Процес кристалізації – це процес утворення кристалів. Доки метал знаходиться в рідкому стані, атоми перебувають у стані безперервного руху. При наближенні до температури затвердіння ще в рідкому стані атоми в окремих місцях розташовуються в просторі так само, як і в кристалічних решітках, утворюючи атомно-кристалічні групи. Деякі з таких груп можуть служити центрами кристалізації. Від них починається ріст кристалів шляхом нарощування по гранях атомних шарів.



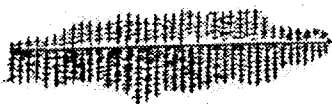
2. При сталій швидкості кристалізації і сталій швидкості зародження центрів кристалізації в перший момент кристали ростуть вільно, зберігаючи правильну геометричну форму.



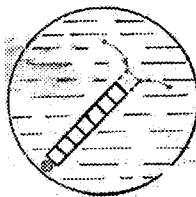
3. Але це відбувається лише до моменту зустрічі двох зростаючих кристалів. В тому місці, де вони зустрінуться, ріст припиниться. Тепер кожний кристал буде рости лише в тому напрямку, в якому йому не перешкоджає поруч розташований кристал. За цих умов правильна геометрична форма кристала не зберігається. Такі кристали, що мають неправильну геометричну форму, називають зернами.



4. Однак такі умови утворення росту кристалів спостерігаються лише за дуже повільного охолодження. За умов прискореного охолодження, що мають місце в більшості випадків практичної кристалізації металів, механізм утворення кристалів зерен носить інший характер, так званий дендритний (*dendrite*).

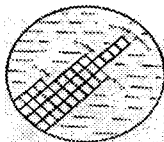


5. Дендритна (скелетоподібна) кристалізація полягає в тому, що ріст зародків відбувається з нерівномірною швидкістю в усі боки. Після утворення зародків їх розвиток відбувається головним чином у напрямках, в яких швидкість росту максимальна. У цих напрямках утворюється немов би стовбур майбутнього кристала, так звані осі (гілки) першого порядку. Ріст цього стовбура або осі першого порядку відбувається шляхом кристалізації на ньому все нових і нових атомних шарів із рідини.



Центр кристалізації

6. Збільшення осей першого порядку відбувається, звичайно, не лише вздовж, одночасно вони розростаються і в боки, внаслідок чого вони товстіші біля основи і тонші біля вістря.



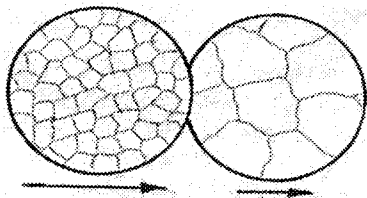
7. Далі від цих осей першого порядку, під певними кутами, ростуть нові осі, які називають осями другого порядку, від гілок другого порядку починають рости гілки третього порядку і т. д.



8. Однак в міру кристалізації утворюються гілки все більш високого порядку (четвертого, п'ятого, шостого і т. д.), які поступово заповнюють усі проміжки, раніш заповнені рідким металом.



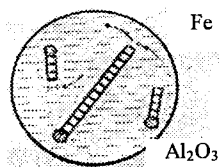
9. Чим більше число центрів кристалізації (зачатків) утворюється в даному об'ємі, тим більше буде число зерен, але кожне наступне зерно буде менше. Чим швидше ростуть ці зародки, тобто чим більша швидкість росту кристалів, тим менше буде число зерен, а кожне зерно буде більш крупним.



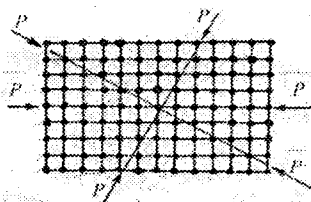
10. Однак слід зазначити, що можливість регулювання швидкості охолодження в процесі кристалізації, дуже обмежена. З метою регулювання розмірів зерен широко використовують штучне введення в розплавлений метал речовин, які утворюють центри кристалізації. Штучне введення в рідкий метал тугоплавких дрібних частинок, що служать додатковими центрами кристалізації, є найбільш прогресивним дійовим методом регулювання розмірів зерен, їх форми, а отже, і властивостей металів і сплавів. Так, наприклад, чим дрібніше зерно, тим кращі механічні властивості має метал і навпаки.



11. Процес штучного регулювання розмірів і форми зерен одержав назву модифікування. Речовини, які вводять у розплав з метою регулювання розмірів зерен, називають модифікаторами. Якщо ж перед кристалізацією ввести у сталь дуже малу кількість алюмінію (0,05 – 0,07%), то він сполучаючись із киснем, який є у сталі, утворює окис алюмінію Al_2O_3 , температура плавлення якого дорівнює $2050\text{ }^\circ\text{C}$. Отже, коли сталь перебуває ще в рідкому стані, при $1600 - 1700\text{ }^\circ\text{C}$, тверді частинки Al_2O_3 опиняться розсіяними по всьому об'єму рідкої сталі. У момент затвердіння сталі частинки Al_2O_3 відіграють роль центрів кристалізації, що приведуть до утворення дрібних зерен.



12. Однорідне тіло (кристал) у різних напрямках має неоднакові фізичні властивості (анізотропія). Теплопровідність, електропровідність, міцність та інші властивості теж у різних напрямках неоднакові. Анізотропія кристалів пояснюється тим, що в них у різних напрямках на одиницю довжини припадає неоднакова кількість атомів. Однаково метали є полікристалічними, які складаються із великої кількості дрібних монокристалів, безладно розмішених один відносно одного.



Контрольні запитання

1. Дайте визначення кристалізації металів.
2. Опишіть утворення кристалів при дуже повільному охолодженні.
3. Яка послідовність утворення дендритів?
4. Що таке гілка першого та другого порядку при кристалізації?
5. Яку роль при кристалізації відіграє кількість центрів кристалізації?
6. Що таке модифікація?

3 МЕТАЛЕВІ СПЛАВИ

3.1 Будова та характеристика сплавів (Навчальний елемент 10)

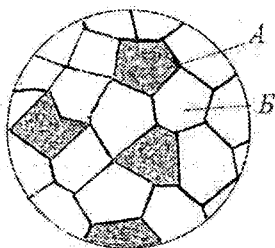
Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме інформацією щодо визначення:

- металевого сплаву і його значення;
- умов утворення твердих розчинів;
- умов утворення механічної сполуки;
- умов утворення хімічних сполук.

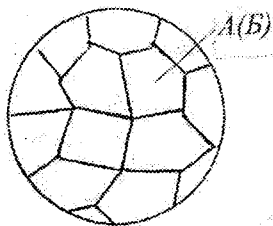
1. Чисті метали як конструкційні матеріали майже не використовують внаслідок того, що їх фізико-хімічні властивості рідко задовольняють вимоги інженерів. Якщо в чисті метали додати (легувати) інші метали або металоїди, то можна отримати сплав (*alloy*) з іншими властивостями, часто кращими, ніж в чистого металу.
2. Металевий сплав – це складна речовина, для якої характерні властивості металів і яка здебільшого отримана шляхом сплавлення двох або більше хімічних елементів (компонентів), переважно металевих. В залежності від кількості компонентів, що утворюють сплави їх відповідно називають подвійними, потрійними або багатокомпонентними. Компонентами сплаву найчастіше бувають інші метали, а також неметали (наприклад, вуглець у сталях і чавунах) і тривкі хімічні сполуки.
3. Одні і ті ж елементи можуть утворювати різні за властивостями сплави. Наприклад, залізо і вуглець утворюють чавун і сталь – сплави з неоднаковими властивостями: чавун містить більше вуглецю, ніж сталь, а сталь має більш високу міцність.
4. Для отримання сплаву потрібно нагріти відповідні компоненти до температури плавлення, а потім утворений рідкий розчин закристалізувати. Слід зазначити, що більшість металів у рідкому стані необмежено розчинні один в одному. Однак в ряді випадків спостерігається їх обмежена розчинність і навіть повна нерозчинність.
5. Хімічні сполуки найчастіше утворюються елементами, що не розчиняються один в одному у твердому стані, але вступають між собою в хімічну взаємодію з утворенням сполуки. Такі елементи, як правило, розміщені далеко один від одного в періодичній системі Д. І. Менделєєва, тобто такі, які істотно відрізняються за будовою і властивостями (наприклад, карбід заліза Fe_3C).

6. Механічна суміш компонентів А і Б утворюється тоді, коли при кристалізації компоненти сплаву повністю нерозчинні в твердому стані. Як правило, механічні суміші утворюють метали, що мають різні типи кристалічних решіток, а при однаковому типі кристалічних решіток – велику різницю в атомних діаметрах. Метали, що утворюють такі сплави, зберігають свою кристалічну решітку. Таку будову має, наприклад, сплав свинцю із сурмою. При розгляданні шліфа цього сплаву мікроскопом видно кристалики свинцю і сурми.

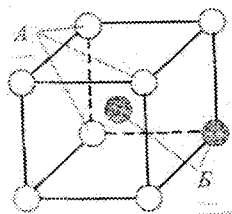


7. Як правило, механічні суміші утворюють метали, які різко відрізняються атомними об'ємами і температурою плавлення. Наприклад, температура плавлення свинцю 327°C , а сурми 631°C , їх кристалічні решітки неоднакові: в свинцю ГЦК, а в сурми ромбодрична. Властивості сплавів механічних сумішей залежать від співвідношення кількості їх компонентів.

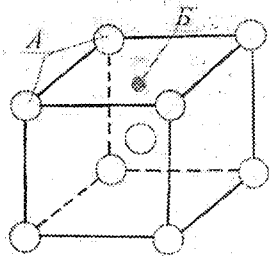
8. Твердий розчин утворюється, коли компоненти сплаву взаємно розчиняються один в одному і в рідкому, і в твердому стані, а атоми в просторі розміщені закономірно, утворюючи кристалічну решітку. При цьому один із компонентів, який входить до складу сплаву, зберігає характерну йому кристалічну решітку, а другий компонент, втрачаючи свою кристалічну будову, у вигляді окремих атомів розміщується в кристалічній решітці першого. Перша речовина називається розчинником, а друга – розчиненою речовиною. У залежності від характеру розміщення атомів розчиненої речовини розрізняють тверді розчини проникнення, заміщення і вилучення.



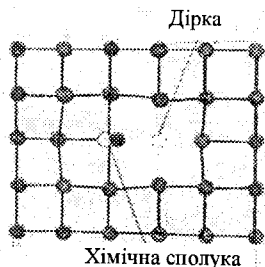
9. Твердий розчин заміщення – це розчин в якому атоми Б розчинного елемента заміщають атоми розчинника А в його кристалічній решітці. При цьому параметри решітки розчинника замінюються в залежності від різниці атомних діаметрів розчинного елемента і розчинника.



10. Твердий розчин проникнення – це розчин, в якому атоми Б розчиненого елемента розміщуються між атомами А розчинника в його кристалічній решітці. Для утворення твердого розчину проникнення необхідно, щоб відношення атомного радіуса розчиненого елемента до атомного радіуса розчинника було $\leq 0,59$. При утворенні твердих розчинів проникнення параметр решітки завжди збільшується, що призводить до значних спотворень решітки. Тверді розчини проникнення, як правило, отримують тоді, коли у металі розчиняють неметалевий елемент: водень, кисень, вуглець, бор тощо.



11. Твердий розчин вилучення (вирахування) утворюється на базі хімічного з'єднання, атоми розчиненого елемента заміщують атоми розчинника у вузлах кристалічної решітки, але окремі її вузли залишаються незайнятими (порожніми). Це робиться тоді, коли на базі хімічного з'єднання (наприклад закису заліза FeO) отримують твердий розчин розчиненням одного з елементів (кисню), що складають хімічну сполуку (FeO). Розчинення проходить не заміщенням атомів заліза атомами кисню, а витяганням деякої кількості атомів заліза з вузлів кристалічної решітки хімічної сполуки FeO, в результаті чого утворюються порожні місця (дірки).



Контрольні запитання

1. Чим відрізняються сплави від чистих металів?
2. Які типи сплавів можуть утворюватися в залежності від фізико-хімічної взаємодії компонентів, що їх утворюють?
3. Як називають сплави в залежності від кількості компонентів?
4. Що за сплав отримують з компонентів, що різко відрізняються атомним об'ємом і температурою плавлення?
5. Чи можна отримати сплав металу з неметалом?

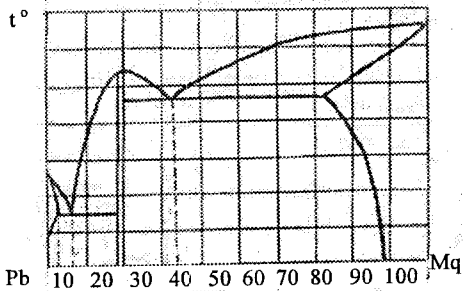
3.2 Діаграма стану подвійних сплавів (Навчальний елемент 11)

Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме інформацією щодо:

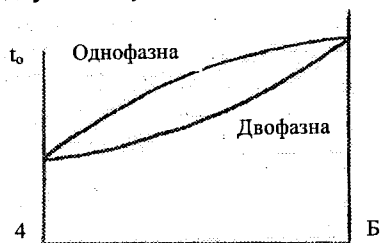
- визначення діаграми стану сплаву та її будови;
- визначення точок та ліній ліквідус і солідус;
- вимог стосовно кількісного співвідношення фаз або структурних складових сплавів;
- характеру фазових перетворень, що відбуваються при охолодженні сплаву.

1. Діаграми стану сплавів (*diagram of the condition alloy*) є графічним зображенням всіх перетворень, які проходять в сплавах, в залежності від температури і концентрації компонентів. Ці діаграми дозволяють визначити температури початку і кінця затвердіння сплавів, їх структуру для різних температур і перетворень, які відбуваються зі сплавом під час охолодження та нагрівання. Перетворення в сплавах при нагріванні або охолодженні залежать від того, які фази при цьому утворюються.

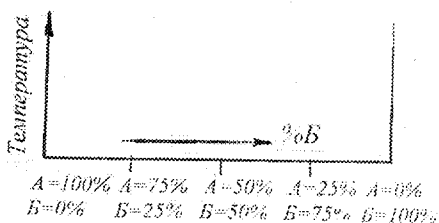


2. Під фазою (*phase*) розуміють однорідну частину системи, відділену від інших поверхнею поділу.

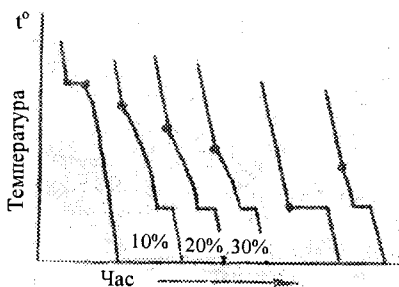
Наприклад: однорідна рідина є однофазною системою, а вода з льодом – двофазною. Система (system) може складатися з одного або декількох компонентів, наприклад, система залізо – вуглець складається з двох компонентів: заліза і вуглецю, а система нікель – мідь – алюміній з трьох.



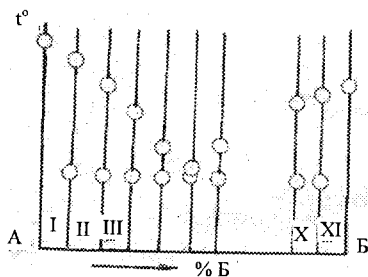
3. Діаграми стану будують за даними експериментів. Для подвійних сплавів діаграму будують в двох вимірах: по осі ординат у вибраному масштабі відкладають температуру, а по осі абсцис – концентрацію. Загальний вміст двокомпонентного сплаву в будь-якій точці абсциси дорівнює 100%, а крайні ординати відповідають чистим компонентам. Кожна точка на діаграмі стану показує стан сплаву даної концентрації при даній температурі. Таким чином, на осі абсцис кожному сплаву відповідає одна точка і кожна точка характеризує склад лише одного сплаву даної пари елементів.



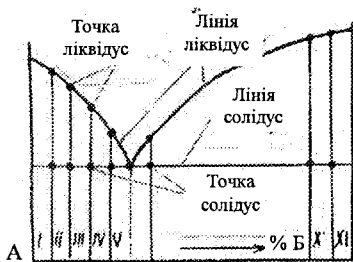
4. Діаграми стану сплавів будуються на основі їх вивчення методами термічного та інших аналізів. Для термічного аналізу готують ряд сплавів з поступово змінним вмістом одного із компонентів сплаву (наприклад, 10, 20, 30% і т. п.). Серію таких сплавів розплавляють, а потім повільно і рівномірно охолоджують. За допомогою терморпарі через відносно невеликі ділянки часу відмічають температуру сплаву. За отриманими значеннями будують серію кривих охолодження і нагрівання в координатах температура – час.



5. Маючи достатню кількість кривих охолодження сплавів даної системи, а також кривих які охолодження компонентів (які утворюють сплави), і визначивши на них температури початку і кінця фазових перетворень, будують діаграму стану. Для цього одержані критичні температури (точки) слід перенести на ординату відповідних сплавів.



6. Точка, що відповідає початку кристалізації, називається точкою ліквідус, точка, що відповідає кінцю кристалізації - точкою солідус. З'єднавши точки, що мають однакову фізичну суть, одержимо діаграму стану досліджуваної системи. Геометричне місце точок ліквідус утворюють лінію ліквідус, а геометричне місце точок солідус – лінію солідус. Очевидно, вище лінії ліквідус сплави перебувають у рідкому стані, а нижче лінії солідус – у твердому.

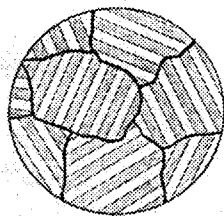


7. Найбільш легкоплавкий сплав системи, первинна кристалізація якого протікає при сталій температурі, називається евтектичним сплавом, а структура, що отримується при кристалізації рідкого розчину евтектичного складу, називається евтектикою (*eutektos*).

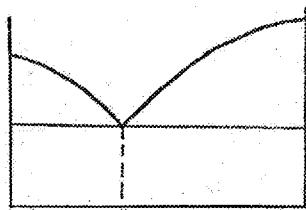


Евтектичний сплав

8. Лінія ліквідус за своєю фізичною суттю є лінією насичення, тобто вказує насичений склад рідкого розчину. Тому в інтервалі температур кристалізації сплавів рідкий розчин безперервно змінює свій склад, рухаючись по лінії ліквідус. При температурі кристалізації евтектики у всіх сплавах залишок рідкого розчину набуває евтектичного складу і кристалізується евтектика (механічна суміш двох компонентів).

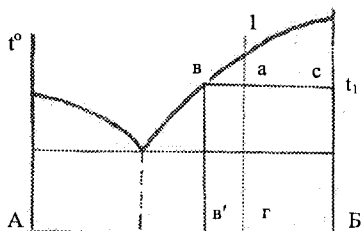


9. Прийнято сплави, розміщені вліво від евтектичного, називати доевтектичними, а розміщені вправо – заевтектичними.



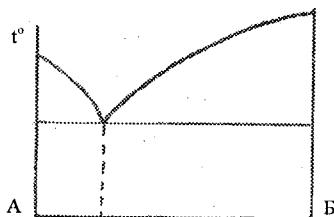
Доевтектичні сплави Заевтектичні сплави

10. Правилем відрізків визначають кількісне співвідношення фаз або структурних складових, згідно з яким в даному сплаві при заданій температурі кількість структурних або фазових складових прямо пропорційна величині протилежних відрізків. Щоб визначити концентрацію компонентів у фазах, через дану точку, яка характеризує стан сплаву, згідно з правилами відрізків проводять горизонтальну лінію до перетину з лініями, які обмежують дану область; проекції точок перетину на вісь концентрації показують склад фаз.

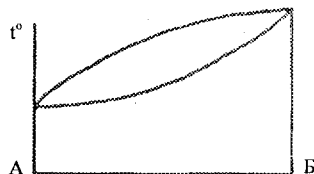


11. Розрізняють чотири головних типи діаграм стану подвійних сплавів: механічну суміш, твердий розчин з необмеженою розчинністю компонентів, твердий розчин з обмеженою розчинністю компонентів і хімічну сполуку.

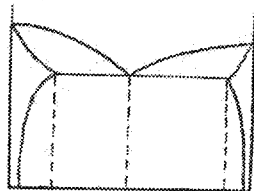
12. Діаграма стану 1 типу. На цій діаграмі показана кристалізація сплавів, обидва компоненти яких необмежено розчинні один в одному в рідкому стані, а в твердому утворюють механічну суміш своїх кристалів. За такою діаграмою кристалізуються подвійні сплави свинець – сурма, хром-марганець, нікель-хром тощо.



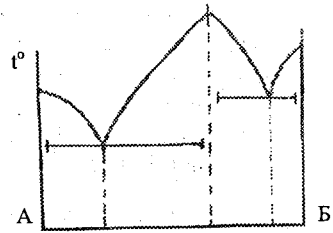
13. Діаграма стану 2 типу. За цією діаграмою кристалізуються сплави, обидва компоненти яких необмежено розчинні один в одному і в рідкому і в твердому вигляді і не утворюють хімічних сполук (Cu-Ni, Fe-Cr, Ag-Au тощо).



14. Діаграма стану 3 типу. За цією діаграмою кристалізуються сплави, обидва компоненти яких необмежено розчинні один в одному в рідкому вигляді, обмежено розчинні в твердому і не утворюють хімічних сполук (Cu-Au, Cd-Zn, Pb-Sn тощо).



15. Діаграма стану 4 типу. Вона характеризує подвійні сплави, обидва компоненти яких необмежено розчинні один в одному в рідкому стані, а при твердненні утворюють стійку хімічну сполуку типу A_mB_n . За діаграмою 4 типу кристалізуються сплави Mg-Zn, Mg-Cu, Fe-Zr, Fe-Nb та інші.



Контрольні запитання

1. Що називається діаграмою стану?
2. Як будують двокомпонентну діаграму стану сплаву?
3. Дайте означення правила фаз?
4. Чим розрізняються чотири головних типів діаграм стану?
5. Як називають основні лінії на діаграмі?
6. Як називають графічне зображення перетворень, які проходять в сплавах, в залежності від температури і концентрації компонентів?
7. Як називають однорідну частину системи?
8. Як називають температуру початку первинної кристалізації?
9. Як називають лінію на діаграмах стану сплавів, коли тверднуть останні краплі рідини?
10. Який найбільш легкоплавкий сплав системи?
11. Як називається структура, що отримується при кристалізації рідкого розчину при сталій температурі?
12. Як називається діаграма стану, обидва компоненти якої мають необмежену розчинність один в одному як в рідкому, так і в твердому станах?

3.3 Компоненти і фази у сплавах залізо з вуглецем

(Навчальний елемент 12)

Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітимете інформацією щодо:

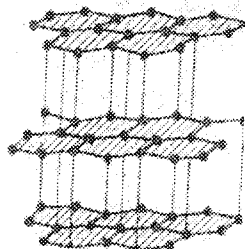
- визначення основних компонентів і фаз залізобуглецевих сплавів;
- основних властивостей компонентів залізобуглецевих сплавів.

1. Сталь і чавун – сплави заліза з вуглецем. Вони набули широкого використання в будівництві і техніці. Російські вчені (розумій і українські) ще в позаминулому сторіччі створили сталь, яка переважала відому дамаську, розробили найбільш досконалі способи виробництва сталі, вперше розробили наукові основи термічної обробки сталі.

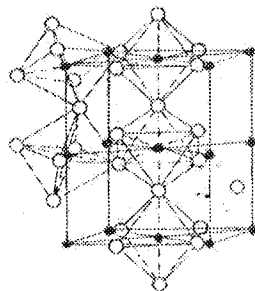
2. Залізо (*iron*) – це сріблясто-сірий, блискучий метал, що має густину 7870 кг/м³, температуру плавлення 1539 °С. У твердому стані залізо може знаходитися в двох поліморфних модифікаціях: об'ємно-центрованого (ОЦК) і гранецентрованого (ГЦК) куба. В інтервалі температур 911...1392 °С залізо має гранецентровану кубічну кристалічну ґратку. Нижче 911 °С і вище 1392 °С – об'ємноцентровану.

3. Вуглець (*carbon*) відноситься до неметалевих елементів. Він має три алотропічні модифікації: вуглець, графіт і алмаз. Вуглець розчиняється в залізі в рідкому і твердому станах. Однак у твердому стані розчинність вуглецю обмежена і залежить від будови і кристалічної форми заліза. Крім твердих розчинів, вуглець може утворювати із залізом хімічну сполуку Fe₃C – карбід заліза (цементит).

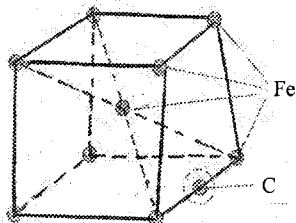
4. Графіт (*graphite*) – це модифікація вуглецю. Температура плавлення графіту 3500 °С. В кристалічній решітці графіту атоми вуглецю розміщуються шарами. У кожному шарі зв'язок дуже міцний, тому відстань між атомами дуже мала. У зв'язку з цим графіт легко сколюється по цих шарах.



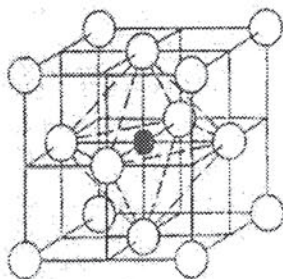
5. Цементит (*cementit*) – це хімічна сполука вуглецю із залізом (карбід заліза - Fe₃C), яка відповідає концентрації вуглецю 6,67%. Цементит має складну решітку. Цементит має високу твердість, але дуже низьку пластичність. Цементит нестійкий і може розпадатися на залізо і вуглець у вигляді графіту, що має велике значення в процесі утворення чавуну.



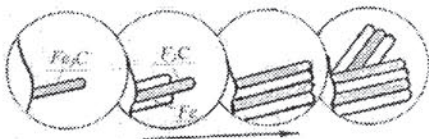
6. Ферит (*ferit*) – твердий розчин проникнення вуглецю в залізо, яке має ОЦК-решітку. Максимальна розчинність вуглецю в фериті при 723 °С складає 0,02%. При зниженні температури розчинність зменшується і при кімнатній температурі складає біля 0,006%. Атоми вуглецю в фериті, очевидно, розміщуються в дефектах (вакансіях, дислокаціях тощо) решітки. Властивості фериту близькі до властивостей технічно чистого заліза.



7. Аустеніт (*austenit*) - твердий розчин (*hard solution*) проникнення вуглецю в залізо, яке має решітку – гранецентрований куб, при цьому атом вуглецю знаходиться в центрі куба. Максимальна розчинність вуглецю в аустеніті при температурі $1147\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює 2,14%. Аустеніт не магнітний і досить пластичний. Він при температурі $273\text{ }^{\circ}\text{C}$ внаслідок алотропічного перетворення заліза і дуже малої розчинності вуглецю в залізі аустеніт розпадається з утворенням механічної суміші цементиту і фериту.

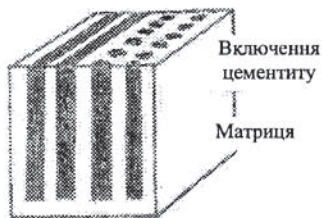


8. Перліт (*від слова перламутр – mother-of-pearl*) – це дрібнозерниста механічна суміш фериту і цементиту, яка утворюється при розпаді повільно охолодженого аустеніту. Цементит у перліті може мати форму пластинок або зерен, відповідно до цього розрізняють пластинчастий або зернистий перліт. При евтектоїдному розпаді аустеніту ведучою фазою є цементит, який починає рости біля границі зерна. У місцях, близьких до росту цього кристаліка цементиту, аустеніт збіднюється вуглецем, і тоді поруч виникає пластинка фериту. Цей процес повторюється багаторазово, що створює зерно перліту з однаково орієнтованими у ньому (тобто паралельними) пластинками.



9. Ледебурит (*ledeburit*) – це евтектична механічна суміш аустеніту і цементиту. Оскільки нижче $737\text{ }^{\circ}\text{C}$ аустеніт перетворюється в перліт, то це перетворення охоплює і аустеніт, що входить до складу ледебуриту.

10. Будову перліту або ледебуриту можна уявити таким чином: в основній масі фериту або аустеніту дуже близько, паралельно одна одній „укладені” тонкі тверді пластинки цементиту.



Контрольні запитання

1. Яка роль російської в тому числі і української науки в розвитку металознавства?
2. Якими властивостями наділене залізо і як воно використовується?
3. Що таке вуглець і де він використовується?
4. Що таке Fe_3C ?
5. Що таке графіт, яка його кристалічна решітка?
6. Що таке цементит і як по іншому його можна назвати?
7. Як визначається ферит? Яку він має решітку?
8. Що таке аустеніт? Яку він має кристалічну будову?
9. Що означає число 6,67%?
10. Що таке перліт?
11. Що таке ледебурит?

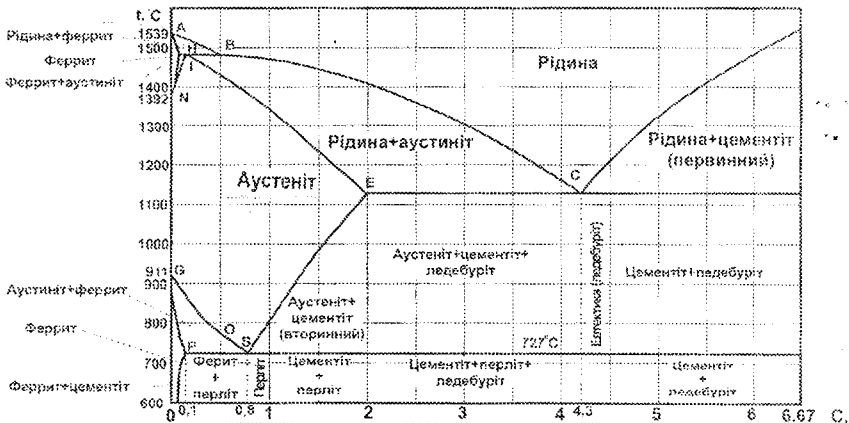
3.4 Діаграма стану залізо – вуглець (Навчальний елемент 13)

Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент буде вміти визначати:

- діаграми стану залізобуглецевих сплавів;
- системи залізобуглецевих сплавів;
- лінії у координатах температура – концентрація компонентів;
- зміну структури при зниженні температури сплаву.

1. В діаграмі стану залізо – вуглець (цементит) розглядаються процеси кристалізації, що протікають в залізобуглецевих сплавах (сталі, чавуні) і перетворення в їх структурах, що отримані при повільному охолодженні від розплавленого стану до кімнатної температури.

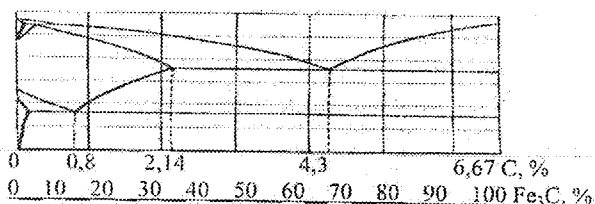


2. Можливі дві системи залізвуглецевих сплавів залізо і карбід заліза – система Fe – Fe₃C, у другій системі компонентами є залізо і графіт, система Fe – C.

Діаграмою станів Fe – Fe₃C ми будемо

користуватися при вивченні сталі і білих чавунів, тобто таких, в

яких нема вільного вуглецю (графіту).



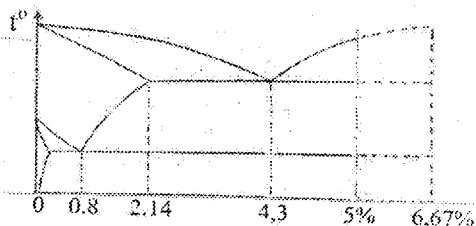
3. По вертикалі відкладають температуру, по горизонталі концентрацію вуглецю від 0 до 6,67 %.

Концентрація вуглецю 6,67% взята граничною тому, що така кількість його знаходиться в хімічній

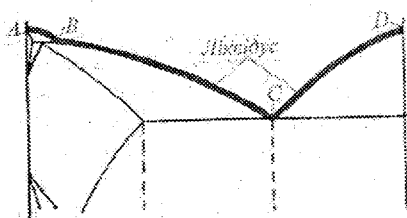
сполуці – цементит Fe₃C. Відзначити потрібно і ще й те, що сплави з

концентрацією вуглецю більше 5%, не мають практичного застосування, оскільки при більшій

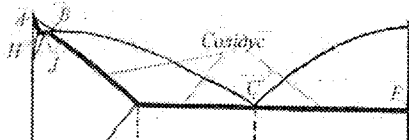
концентрації вуглець в залізі виділяється у вигляді великих пластин графіту.



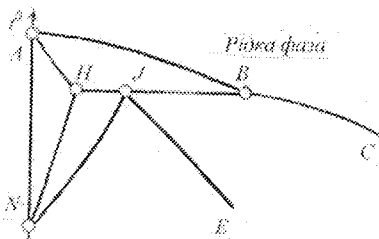
4. У координатах температура - концентрація компонентів нанесені лінії діаграми, на кожній з яких відбуваються певні структурні перетворення. На цій діаграмі лінія ABCD – це лінія ліквідус (*likvidus*), яка показує температури початку кристалізації і кінця плавлення сплавів.



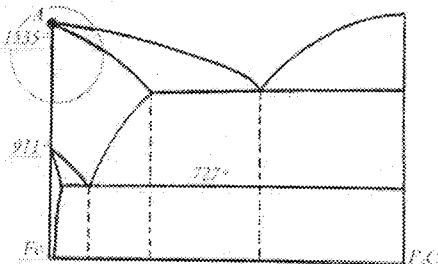
5. Лінія АНЕССF – це лінія солідус (*solidus*), що показує температури кінця кристалізації і початку плавлення сплавів.



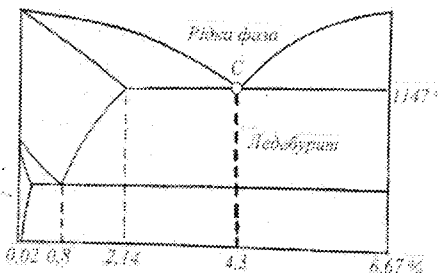
6. На лівій верхній ділянці діаграми залізо – вуглець (в області перитектичного перетворення) на ділянці АВ лінії ліквідус рідкий розчин переходить у ферит, на ділянці ВС – в аустеніт. Кристалізація фериту закінчується на ділянці АН, а аустеніту – на ділянці JE лінії солідус.



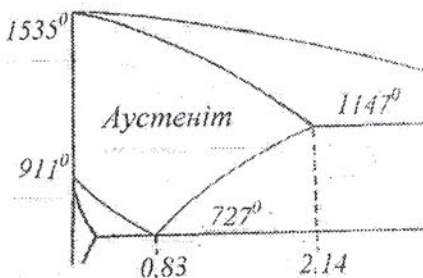
7. У переважній більшості випадків ми з перитектичним перетворенням зустрічатися не будемо (сталь не нагрівають до цих температур при термічній обробці і при різних видах гарячої деформації). Тому іноді спрощують ліву верхню частину діаграми, вважаючи умовно, що при всіх концентраціях аустеніт виділяється безпосередньо із рідкого сплаву, тоді ця частина діаграми буде схожою з діаграмою другого типу.



8. Залізовуглецеві сплави з концентрацією вуглецю від 2,14 до 6,67% називаються чавунами. Особливості первинної кристалізації цих сплавів полягає в тому, що в них вона завершується евтектичним перетворенням при 1147 °С, коли рідина концентрації 4,3% перетворюється в дві тверді фази – аустеніт з концентрацією вуглецю 2,14% і цементит з концентрацією вуглецю 6,67%, тобто утворюється евтектика, яка має назву – ледебурит (*ledeburit*).



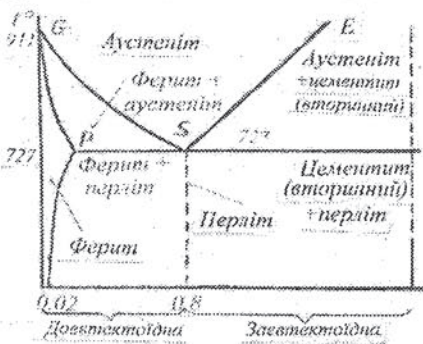
9. В результаті первинної кристалізації в усіх сплавах із вмістом вуглецю до 2,14% утворюється однофазна структура – аустеніт (*austenite*). Сплави заліза з вуглецем, в яких у результаті первинної кристалізації в рівноважних умовах одержується аустенітна (однофазна) структура, називають сталлю.



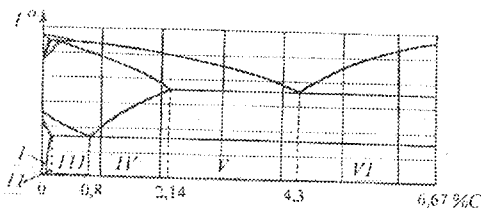
10. В затверділих сплавах при зниженні температури спостерігається подальша зміна їх структури, пов'язана з перекристалізацією в твердому стані. Із зниженням температури залізо переходить із однієї модифікації в другу (з ГЦК в ОЦК). При охолодженні сплавів, що складаються з одного аустеніту, нижче лінії GS відбувається розпад аустеніту з виділенням з нього надлишкового фериту (*ferite*) з вмістом вуглецю не більше 0,025% (гранична розчинність вуглецю в ОЦК (точка P).



11. Крім того при зниженні температури з аустеніту виділяються ферит і вторинний цементит. В точці S з вмістом вуглецю 0,8%, при 727⁰ аустеніт розпадається, утворюючи рівномірну суміш фериту з цементитом – перліт (*mother-of-peast*). Така сталь називається евтектоїдною. Сталь, в якій вміст вуглецю менше 0,8%, називають доевтектоїдною, а більше 0,8% - заевтектоїдною. Розпад аустеніту в доевтектоїдній сталі проходить по лінії GS, з виділенням фериту. В заевтектоїдній сталі початок розпаду аустеніту проходить по лінії SE з виділенням вторинного цементиту.



12. Таким чином, при кімнатній температурі доєвтектоїдні сплави в області I складаються із фериту, в області II – із фериту і третинного цементиту, а в області III – із фериту і перліту.



Евтектоїдна сталь – перліт. Заєвтектоїдні сплави (0,83 – 2,14% C) в області IV складаються із перліту і цементиту вторинного. Сплави, які вміщують від 2,14 до 4,3% C, (область V) складаються із перліту, вторинного цементиту і ледебуриту. Сплави, відповідно до евтектичної точки C, мають структуру одного ледебуриту. Сплави, вмістом вуглецю 4,3 – 6,7% (область VI) складаються з первинного цементиту і ледебуриту.



13. Змінна структура сталі у процесі вторинної кристалізації (ліва нижня частина діаграми), коли розпадається аустеніт на механічну суміш, що складається із фериту і цементиту.

Контрольні запитання

1. Яку величину відкладають в діаграмі залізо – вуглець по вертикалі і по горизонталі?
2. Яка гранична концентрація вуглецю в системі залізо – вуглець?
3. Чому дорівнює гранична концентрація карбід заліза в системі Fe – Fe₃C?
4. Що означає на діаграмі залізо – вуглець число 6,67%?
5. Назвіть точки на діаграмі залізо-вуглець, через які проходить лінія солідус?
6. Чому спрощують перитектичну (ліву верхню) частину діаграми?
7. Як називають сплав заліза з вуглецем в якому знаходиться від 2,14 до 6,67% вуглецю?
8. Яка концентрація вуглецю в сталі?

4 ОСНОВИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ

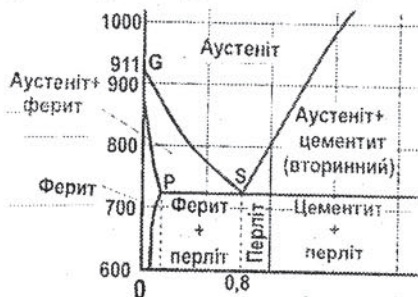
4.1 Алотропічні перетворення в сталі (Навчальний елемент 14)

Цілі

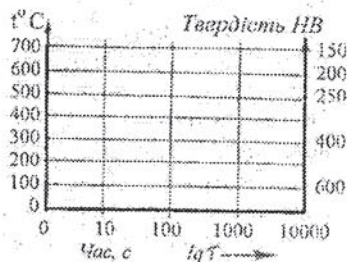
Засвоївши вивчення даного навчального елемента, студент володітиме інформацією щодо:

- умов розпаду аустеніту;
- значення інкубаційного проміжку для розуміння термічної обробки сталі;
- вимог стосовно основ будови С-подібної діаграми сталі;
- залежності утворення структури сорбіту, троститу та мартенситу від швидкості охолодження евтектоїдної сталі.

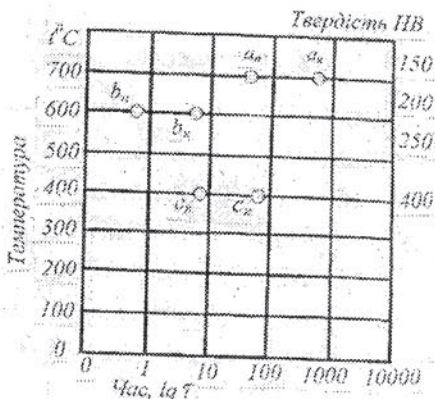
1. Структура залізвуглецевих сплавів залежить від їх хімічного складу і швидкості охолодження нижче лінії GSE. В результаті повільного охолодження доевтектоїдні сталі отримують структуру фериту і перліту, евтектоїдні – одного перліту і заевтектоїдні – перліту і вторинного цементиту. Перетворення аустеніту, тобто його розпад, може протікати як при безперервному охолодженні сталі значно нижче лінії GSE, так і при витримці її в умовах постійної температури, яка лежить нижче цієї лінії, (ізотермічне перетворення аустеніту). Вивчається це перетворення дослідним шляхом, за основу береться те, що ферит магнітний, а аустеніт немагнітний.



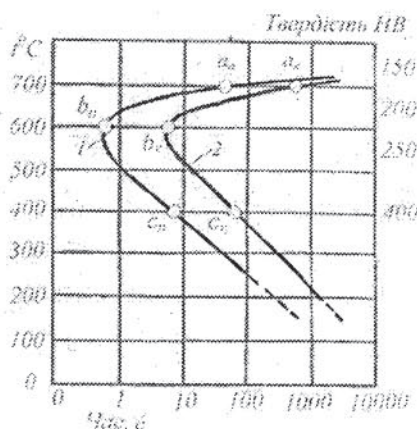
2. Відомо, що ізотермічне перетворення аустеніту починається не одразу, а через деякий час, який називають інкубаційним проміжком. На наведеній діаграмі ізотермічного перетворення аустеніту евтектоїдної сталі (0,8% С). По осі абсцис відкладають час в логарифмічному масштабі; по осі ординат зліва – температура витримки аустеніту, справа – твердість металу за Брінелем.



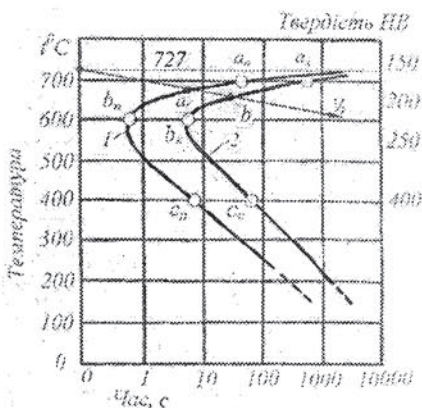
3. При $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ сталь спочатку деякий час зберігає аустенітну структуру, потім в точці a_n починається розпад аустеніту, який закінчується в точці a_k . При $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ аустеніт починає розпадатися в точці b_n , кінець перетворення – в точці b_k . При $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ці процеси відповідно розвиваються і в точках c_n і c_k .



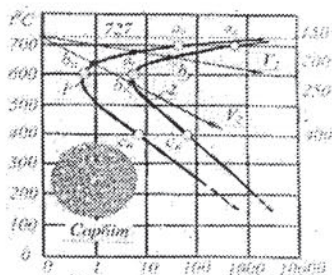
4. З'єднавши всі точки початку і кінця процесу розпаду аустеніту, отримуємо криві 1 і 2 (С-подібні криві). По кривій 1 починається розпад аустеніту, по кривій 2 він закінчується. Область, що лежить лівіше кривої 1, відповідає переохоложеному аустеніту (А), відповідає повному розпаду аустеніту на ферит Φ і цементит C ; між цими кривими існує область часткового розпаду аустеніту.



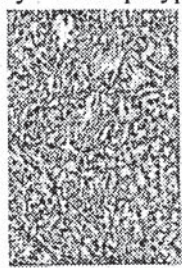
5. В координатах температура – час зображаються криві охолодження. Лінія V_1 , що характеризує повільне охолодження, перетинає лінії діаграми в точках a_1 і b_1 . При повільному охолодженні і при цих температурах, що відповідають положенням точок a_1 і b_1 , продуктом перетворення буде перліт.



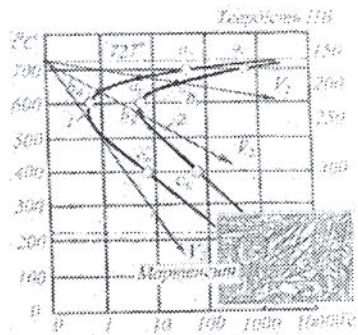
6. Якщо на С-криву нанести криві охолодження, то видно, що крива V_2 , яка відповідає швидкості охолодження, за якої відбувається утворення сорбіту (sorbit), перетне С-криву при $650\text{ }^\circ\text{C}$.



7. При швидкому охолодженні аустеніту до району температур мінімальної стійкості аустеніту ($500 - 600\text{ }^\circ\text{C}$) отримують структуру трооститу, який являє собою високодисперсну ферито-цементитну суміш. При переохолодженні аустеніту (до $550 - 240\text{ }^\circ\text{C}$) він розпадається на ферито-цементитну суміш, яка має голчастий троостит. Причому дисперсність цієї суміші також залежить від ступеня переохолодження аустеніту: чим більший цей ступінь, тим вона більш дисперсна. Властивості сталі залежать від ступеня дисперсності ферито-цементитної суміші: чим він більший, тим вище міцність і гірші характеристики пластичності.



8. При швидкому охолодженні крива V_3 не перетинає лінії діаграми, тоді перетворення не встигне відбутися, аустеніт переохолодиться до низьких температур і відбудеться його перетворення в мартенсит. Така швидкість називається критичною швидкістю гартування. Отже, щоб загартувати сталь, її потрібно охолоджувати зі швидкістю не меншою, ніж критична.



Контрольні запитання

1. Від чого залежить структура залізовуглецевих сплавів?
2. Як протікає розпад аустеніту?
3. Що таке інкубаційний період і як він впливає на структуру сталі?
4. Як будується С-подібна діаграма ізотермічного перетворення аустеніту евтектоїдної сталі?
5. При якому охолодженні отримують структуру перліт?
6. При якому охолодженні отримують структуру мартенсит?
7. Яку мікроструктуру має мартенсит?

4.2 Термічна обробка сталі (Навчальний елемент 15)

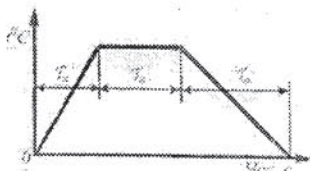
Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент – володітиме інформацією щодо:

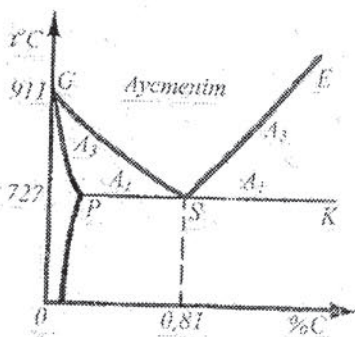
- визначення термічної обробки сплавів;
- основних видів термообробки сталі;
- вимог стосовно визначення температури нагрівання сталі і швидкості охолодження того чи іншого виду термообробки.

1. Термічна обробка (*heat treatment*) – це процес дії на сплав певними температурами, в результаті якого змінюються його структура і властивості. Процес термічної обробки складається із нагрівання до певної температури, витримки при цій температурі і охолодження із заданою швидкістю.

2. Будь-який процес термообробки можна описати графіком, який показує зміни температури в часі. За таким графіком можна визначити температуру нагріву, час нагріву і охолодження, середні швидкості нагріву, загальну тривалість термічної обробки і час витримки при тій чи іншій температурі. Вид термообробки визначається не характером змін температури в часі, а типом фазових перетворень в металі.

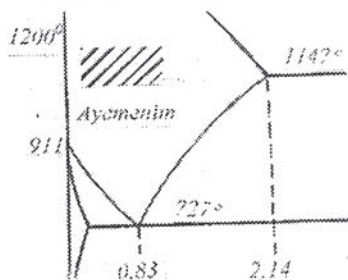


3. Основою для вивчення термічної обробки сталей є діаграма залізо – вуглець, але, оскільки ми розглядаємо процеси термообробки сталі, то нас більше цікавлять сплави з концентрацією вуглецю до 2,14%, і, відповідно, будемо користуватись частиною діаграми залізо – вуглець до вмісту вуглецю 2,14%, яку часто називають “сталним кутом”. Критичні точки позначаються буквою А. Нижня критична точка, яка позначається А₁ лежить на лінії PSK і відповідає аустеніт – перлітному перетворенню. Верхня критична точка А₃ лежить на лінії GSE і відповідає початку випадання або кінцю розчинення фериту (цементиту). Щоб відрізнити критичну точку при нагріванні і охолодженні в першому випадку біля букви А ставлять букву с (Ас₁, Ас₃) і букву г в другому (Аг₁, Аг₃).

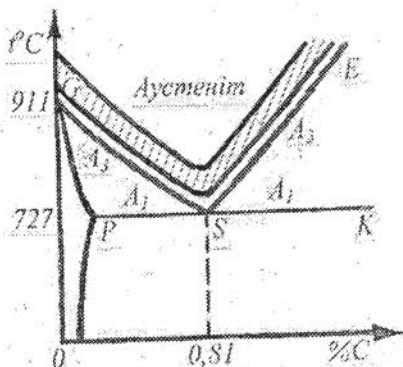


4. Відпалювання (*annealing*) – це фазова перекристалізація, суть якої - в нагріві вище A_{c1} з наступним повільним охолодженням. У випадку нагріву вище A_{c1} , але нижче A_{c3} , повна перекристалізація пройти не може, така термообробка називається неповним відпалюванням. При відпалюванні стан сталі наближається до структурно-рівноважного, структурою сталі після відпалювання є перліт + ферит, перліт або перліт + цементит. Залежно від того, які відхилення від рівноважного стану усуваються, розрізняють відпалювання:

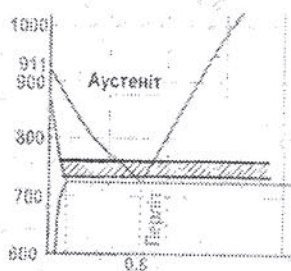
- дифузійне (гомогенізаційне) відпалювання – використовують для зливок з метою вирівнювання хімічного складу сталі. Нагрівають зливки до $1000 - 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, витримують $10 - 15$ год. і охолоджують разом з піччю. Сталь яка пройшла гомогенізацію, має більш високі механічні властивості, особливо підвищується ударна в'язкість. Гомогенізація дає велике зерно, яке зменшується повторним відпалюванням;



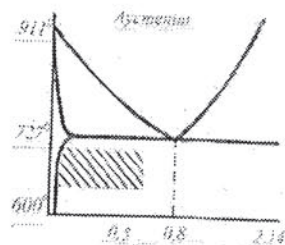
- повне відпалювання – супроводжується фазовою перекристалізацією. В результаті крупнозерниста сталь стає дрібнозернистою структурою, м'якою і в'язкою. Повне відпалювання використовують для доєвтектійних сталей, нагріваючи їх до температур вище лінії GSE (A_{c3}) на $20-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Витримують $\frac{1}{4}$ часу нагріву і охолоджують разом з піччю до $600-400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вуглецеві сталі охолоджують зі швидкістю $100-150\text{ }^{\circ}\text{C/год}$, леговані - зі швидкістю $30-50\text{ }^{\circ}\text{C/год}$;



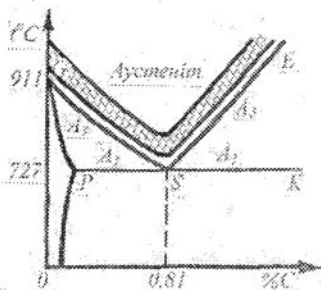
- неповне відпалювання до температури 750–760 °С є єдиною різновидністю відпалювання для заевтектоїдних інструментальних сталей. Знімає внутрішні напруги в деталях та інструментах і покращує оброблюваність різанням. Суть неповного відпалювання – в нагріві вище лінії A_{c1} і повільному охолодженні. Неповне відпалювання використовують для доевтектоїдних сталей з метою зняття внутрішніх напруг і покращення оброблюваності різанням, в тому випадку, якщо попередня гаряча механічна обробка не привела до утворення крупного зерна;



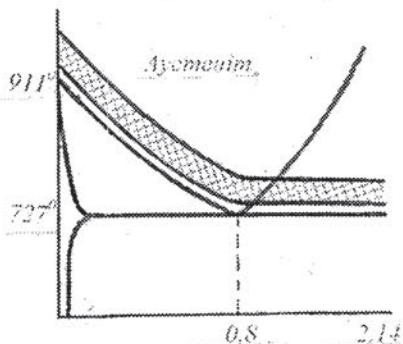
- рекристалізаційне відпалювання використовують після холодної пластичної деформації (прокатки, волочіння, холодного штампування). Після такого відпалювання витягнуті в результаті деформації зерна стають рівноважними, знімається наклеп, знижується міцність і твердість, збільшується пластичність і в'язкість. Низьковуглецеві сталі нагрівають до температури 600 – 700 °С;



- нормалізацією (*normalization*) називають нагрів сталі до температури вище A_{c3} на 50–60 °С і витримку в печі 2–3 год з наступним охолодженням на повітрі. Використовують для зниження внутрішніх напруг і натягу. Сталь після нормалізації отримує нормальну, однорідну, дрібнозернисту структуру. Призначення нормалізації різне, в залежності від складу сталі. Зараз нормалізацію використовують частіше ніж відпалювання внаслідок її простоти, швидкості і дешевизни.

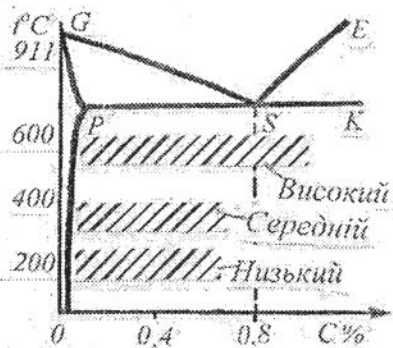


5. Гартування (*toughening*) – нагрів сталі вище лінії GSE з наступним швидким охолодженням. При швидкому охолодженні розпад аустеніту з виділенням цементиту і фериту не встигає пройти і аустеніт перетворюється в мартенсит, який має високу твердість. Мартенситне перетворення носить бездифузний характер, просто при ньому проходить перебудова ГЦК-решітки аустеніту в ОЦК без виділення з



розчину вуглецю, що призводить до спотворення кубічної решітки до тетрагональної. Гартування - термічна операція для надання сталі міцності, твердості, пружності, тобто покращення механічних властивостей. Вона включає нагрівання сталі до температур, які перевищують температури фазових перетворень, витримку при цих температурах і швидке охолодження.

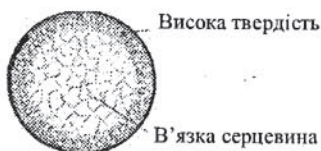
6. Відпуск (*furlough*) - кінцева операція термообробки. Сталь нагрівають нижче лінії PSK, витримують при цій температурі і охолоджують (швидко або повільно). Мета відпуску – усунення або зменшення напруг в сталі, підвищення в'язкості. Правильним виконанням відпуску визначаються кінцеві якості готової загартованої деталі.



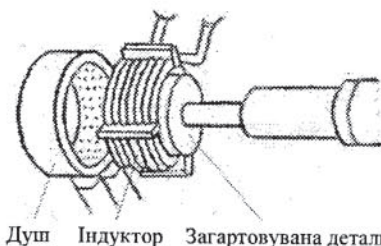
Температура відпуску коливається в межах – 150-700 °С. Розрізняють високий, середній, низький відпуск. Низький: 150–250 °С, середній: 300–500 °С для пружин, ресор, столярного і слюсарного інструмента. Високий: 500–650 °С для деталей з конструкційних сталей.

7. Одним із різновидів відпуску є старіння – процес зміни властивостей сплавів без суттєвої зміни мікроструктури. Відомо два види старіння: термічне і деформаційне. Старіння часто використовується для сплавів кольорових металів, особливо для сплавів на основі алюмінію (дюралюмін).

8. Поверхнєве гартування (*superficial temper*) забезпечує отримання високої твердості в поверхневих шарах виробу зі збереженням в'язкої серцевини. Сталеві вироби нагрівають до необхідної температури з поверхні, а потім охолоджують із заданою швидкістю в загартувальному середовищі. Для поверхневого нагрівання використовують струми високої частоти, контактне електричне нагрівання, нагрівання газовими пальниками і іншими способами.



9. Окремо від традиційних способів гартування в печах стоїть гартування з індукційним нагріванням: спосіб гартування поверхні деталі при її нагріванні струмами Фуко. В цьому випадку поверхня набуває необхідної твердості, а серцевина деталі залишається в'язкою.



Контрольні запитання

1. Що таке термообробка?
2. Назвіть основні види термообробки.
3. Яке призначення гартування?
4. З якою метою виконують відпалювання?
5. До якої температури необхідно нагріти заготовку, щоб виконати термообробку – повне відпалювання?
6. Що таке поверхнєве гартування і як воно виконується?
7. За допомогою якої термообробки отримують тверду сталь?
8. Яке призначення термообробки – відпуск?
9. Які існують види відпалювання?

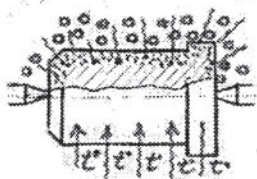
4.3 Хіміко-термічна обробка (Навчальний елемент 16)

Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме технічною інформацією щодо:

- визначення хіміко-термічної обробки сталі;
- процесів, які відбуваються при хіміко-термічній обробці;
- способів хіміко-термічної обробки;

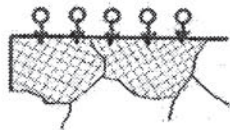
1. Хіміко-термічна обробка (ХТО) сталі (*chemist-thermal processing*) – це процес, в якому поєднано термічний і хімічний вплив на зміну складу, структури і властивостей поверхневого шару сталі. Основана на дифузії в атомно-кристалічну решітку сталі атомів різних хімічних елементів при нагріванні в середовищі, що багате цими елементами. При ХТО одночасно відбуваються декілька процесів:



- дисоціація (*dissociation*) – розпад молекул вихідної речовини з утворенням активних атомів дифузанта. Його може виділяти газоподібне, рідке або тверде середовище. Наприклад, під час дисоціації газу CO утворюється активний атомний вуглець C;



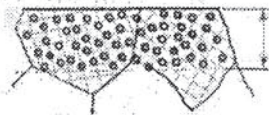
- адсорбція (*adsorption*) атомів (іонів) на поверхню металу з утворенням хімічних зв'язків між іонами основного металу і елемента насичення. З підвищенням температури адсорбційна здатність металу зростає;



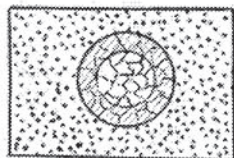
- дифузія (*diffusion*) – переміщення адсорбованих поверхнею атомів дифузанта в глибину тіла. У результаті утворюється дифузійний шар, що відрізняється від основного металу хімічним складом, структурою та властивостями.



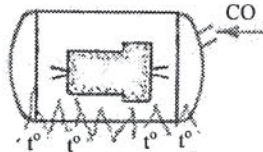
2. В результаті цих процесів утворюється дифузійний шар, який за своїми фізико-хімічними показниками відрізняється від основного металу. Основними і найбільш поширеними способами ХТО є цементація.



3. Цементація (*cementation*): процес дифузного насичення поверхневого шару сталі вуглецем до концентрації 0,8-1,1 % і отримання після гартування високої твердості поверхні при збереженні м'якої і в'язкої серцевини. Середовище, в якому проводять цементацію, називають карбюризатором. Для цементації в твердому карбюризаторі деталі із низьковуглецевої сталі нагрівають при температурі вище лінії GS в деревному вугіллі декілька десятків годин.



4. Газову цементацію проводять в герметично закритих камерних печах, через які пропускають цементуючий газ (метан, пропан, оксид вуглецю). Процес насичення вуглецем при газовій цементації проходить значно швидше, ніж в твердому стані. За 8 годин глибина насичення при газовій цементації досягає 2 мм, а при твердій – менше 1,5 мм.



5. Азотування – дифузне насичення азотом поверхневого шару сталевих деталей. Мета азотування – істотно підвищити твердість, зносотривкість, корозійну тривкість. Деталі азотують в атмосфері аміаку, який подається з балонів у герметичні реторти, де укладені деталі. Азотований шар, сформований під час насичення, не потребує додаткової термічної обробки як у випадку цементації.
6. Ціанування. Насичення поверхні деталі одночасно вуглецем і азотом (C+N). Якщо така операція проводиться в газовому середовищі, то її називають нітроцементацією, а якщо в розплавленій ванні з ціанистих солей то ціануванням.
7. Борування – насичення поверхні бором. Значно підвищує твердість поверхні оброблених деталей (до HV2000), опір абразивному зношуванню і корозійну стійкість.

8. Дифузна металізація. Процес насичення поверхні деталей атомами інших металів. Проводиться при температурі 1000-1200 °С, в залежності від виду деталей. Дуже часто використовується для покращення поверхні деталей теплоенергетичного машинобудування, надання їм корозійної стійкості, жароміцності тощо. Традиційними способами отримання таких покриттів є:

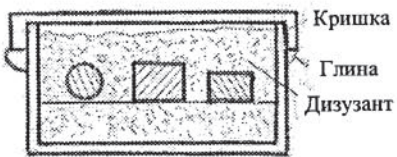
- насичення поверхні алюмінієм – алітування (підвищує жаростійкість).

При нагріві алітованої сталі на її поверхні утворюється щільна плівка оксиду алюмінію Al_2O_3 , яка захищає основний метал від окислення.

- хромом – хромування (жаростійкість і зносостійкість);

- кремнієм – силікування (кислотоупорність).

9. Деталі, які необхідно наситити іншим металом, пакують в металеві контейнери з плавкими затворами, нагрівають в печі до заданої температури і витримують декілька годин для отримання дифузійних шарів заданої товщини і структури.



10. Воронування – декоративна хіміко-термічна обробка, яка виконується для придання чорного кольору поверхні сталевого виробу.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення хіміко-термічної обробки?
2. Яке призначення хіміко-термічної обробки?
3. Що таке адсорбція?
4. Що таке дисоціація?
5. Що таке дифузія?
6. Яке призначення цементації?
7. Яке призначення дифузійної металізації?
8. Що таке борування і яке його призначення?
9. Яке призначення воронування?
10. Що таке воронування?

5 СПЛАВИ НА ОСНОВІ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ

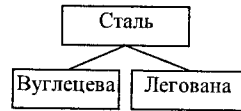
5.1 Вуглецеві сталі (Навчальний елемент 17)

Цілі

Засвоївши даний розділ, Ви володітиме технічною інформацією щодо:

- класифікації сталі за головними ознаками;
- маркування вуглецевої сталі;
- визначення області застосування та маркування вуглецевих сталей.

1. Залежно від хімічного складу сталі поділяють на вуглецеві і леговані. Вуглецеві сталі містять в своєму складі залізо та вуглець, а також невелику кількість домішок кремнію, марганцю, сірки та фосфору.



2. Вуглецеві сталі за своїм призначенням поділяють на конструкційні та інструментальні.

Конструкційні, в свою чергу, поділяють на будівельні і машинобудівельні.

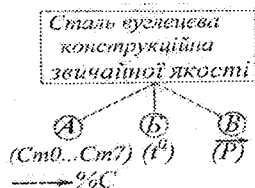
Конструкційні сталі бувають звичайної якості та якісні.



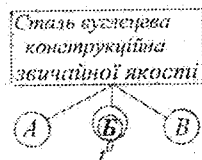
3. Сталі звичайної якості. Ці сталі найдешевші, їх виплавляють конверторним або мартенівським способом і застосовують для виготовлення сортового прокату, балок, листового прокату, труб тощо. Конструкційні сталі звичайної якості використовують для невідповідальних деталей. Якщо із цієї сталі виготовляють зварні будівельні конструкції, то в ній обмежується вміст вуглецю. Сталі звичайної якості мають таке маркування: Ст0; Ст1; Ст2 і т. д. до Ст7. Літери Ст. означають слово „сталь”, а цифри, які йдуть далі – умовний номер марки сталі, з ростом якого в сталі зростає вміст вуглецю.



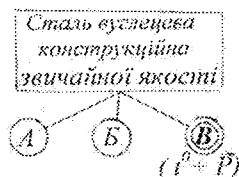
4. В залежності від призначення і гарантуючих характеристик сталь звичайної якості поділяють на три групи А, Б, В, які враховують умови поставки. Сталь групи А – поставляють споживачам за механічними властивостями (міцністю, твердістю, відносним подовженням ...) Сталь цієї групи виготовляють таких марок: Ст0, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6, Ст7. Із збільшенням номера сталі підвищується вміст вуглецю, а також міцність і твердість, але знижується пластичність та ударна в'язкість. Сталь групи А слід вибирати для виробів, при виготовленні яких матеріал не піддається термічному впливу.



5. Сталь групи Б поставляється за нормованими показниками та за хімічним складом. Їх виготовляють тих же марок що і групи А, але перед маркою сталі ставлять літеру Б (БСт0, БСт5). Для виготовлення деталей, пов'язаних з тепловим впливом (гаряче кування, термообробка), рекомендується вибирати сталі групи Б.

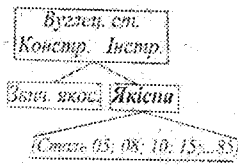


6. Сталь групи В поставляються з нормованими механічними властивостями і хімічним складом. Сталь цієї групи виготовляють таких марок: ВСт2, ВСт3, ВСт4 і ВСт5. Для виготовлення виробів зварюванням рекомендується використовувати сталі групи В, оскільки необхідно знати склад сталі і механічні властивості.



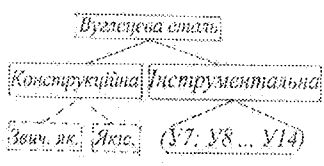
7. Як уже відмічалось, в залежності від ступеня розкислення сталь може бути киплячою (кп), спокійною (сп), яка розкислюється марганцем і кремнієм (Mn+Si) і напівспокійною (пс), яка розкислюється марганцем (Mn). Спокійна сталь має більш високі показники опору динамічному навантаженню і удару в'язкість.
8. Конструкційні сталі загального призначення використовуються у всіх областях машинобудування: (вали, осі, черв'ячні колеса і т. д.). Найбільш важливою характеристикою, за якою вибираються такі сталі, є механічні властивості. Вміст вуглецю визначає властивості сталей і коливається від 0,05 до 0,65%. Конструкційні сталі, які використовуються для виготовлення апаратів, пристроїв і ємностей, повинні містити не більше 0,3% С – при використанні електрозварювання і не більше 0,35% С.

9. Якісні сталі використовують для більш відповідальних деталей. Якісні сталі маркують так: 05; 08; 10; 15; 20 і т. д. до 85. Двозначне число відповідає вмісту вуглецю в сотих частинах процента. Наприклад, сталь 45 містить 0,45% вуглецю. Сталі цієї групи бувають з підвищеним вмістом марганцю або кремнію (20Г, 35ГС).



10. Маловуглецеві якісні сталі випускають таких марок: 05кп і 08кп (листи для штампування), а сталі 10, 15, 20, 25 (для зварювальних конструкцій, а також для деталей оброблених цементацією або ціануванням: втулки, пальці, шестерні).
11. Середньовуглецеві якісні сталі 30, 35, 40, 45 і 50 погано зварюються, тому вони використовуються для деталей, на які діють великі навантаження, а особливо після термічної обробки.
12. Високовуглецеві якісні сталі 55, 60, 65, і 70 використовують для виготовлення пружин, ресор. Високі експлуатаційні властивості досягаються гартуванням з наступним відпуском.

13. Вуглецеві інструментальні сталі застосовують для виготовлення різних інструментів. Інструментальні сталі умовно позначають літерами і числом: У7, У8 і т. д. до У13. Літера У показує, що сталь вуглецева ("углеродистая").



Число вказує на вміст вуглецю в десятих частках процента. Наприклад інструментальна сталь У8 містить близько 0,8% вуглецю. До марок високоякісних інструментальних сталей додають літеру А: У7А, У8А і т. д. Така сталь містить менше сірки і фосфору.

Контрольні запитання

1. Поясніть значення літер і чисел марок сталі Ст.3; ВСт3кп?
2. В чому відміна легованих сталей від вуглецевих?
3. На які групи поділяють вуглецеві сталі за їх призначенням?
4. Яке призначення інструментальної сталі У7?
5. Яке значення мають літери і цифри марок У7; У12А?
6. Як позначається вуглецева конструкційна якісна сталь, в якій вміст вуглецю 0,45% ?
7. Чим відрізняються сталі звичайної якості групи А, Б і В ?
8. Як позначається високоякісна інструментальна сталь, в якій вміст вуглецю 1,3% ?

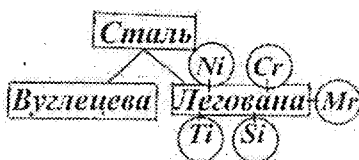
5.2 Леговані сталі (Навчальний елемент 18)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

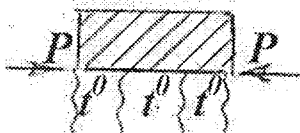
- означення – легована сталь;
- умовні позначення легованих сталей в залежності від їх хімічного складу;
- вплив легуючих елементів на якість сталі;
- визначення області застосування легованих сталей.

1. Легованою (*alloying*) сталлю називають сталь, в якій на відміну від вуглецевих, крім заліза, вуглецю і звичайних домішок, міститься значна кількість спеціально введених (легуючих) домішок, які надають сталі особливих властивостей. До таких домішок належать: нікель, хром, вольфрам, титан, молібден, кремній, марганець тощо. Легувальні елементи дорожчі від заліза, тому вартість легованих сталей вища, нерідко значно вища за вартість вуглецевих сталей.



2. В залежності від того, якими спеціальними елементами легована сталь, вона називається хромистою, нікелевою, ванадієвою і т. д.; якщо ж вона легована двома або більше компонентами, то її називають складнолеговою (наприклад, хромонікелевою, хромонікелеванадієвою).

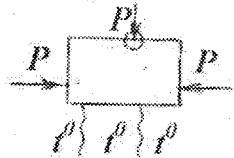
3. Метою легування сталі є підвищення її міцності в незагартованому і загартованому стані, при підвищених і високих температурах; підвищення опору зносу; підвищення стійкості проти корозії; створення особливих фізичних властивостей – магнітних, теплових і ін. Зазвичай застосування легованих сталей без термообробки економічно не виправдане.



4. Легуючі елементи по-різному розподіляються у сталі і по-різному впливають на поліморфізм заліза, карбідоутворення, критичні перетворення при нагріванні, розпад аустеніту, ізотермічне і мартенситне перетворення, ріст зерна, прогартованість.

5. Легуючі сталі за хімічним складом поділяються на три класи: низьколеговані із загальним вмістом легуючих елементів до 2,5%; середньолеговані – від 2,5 до 10% і високолеговані - більше 10% таких елементів.

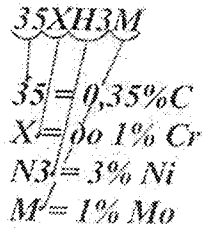
6. Для підвищення якостей сталі її легують різними елементами. Наприклад: хром - підвищує твердість, знижує ржавіння. При вмісті хрому в сталі більше 13% вона стає корозійностійкою. Нікель - підвищує міцність і пластичність, корозійну стійкість. Вольфрам – підвищує твердість і червоністькість.



Кобальт – підвищує жароміцність, магнітопроникність. Марганець - при вмісті менше 1% підвищує твердість, зносостійкість, стійкість ударним навантаженням. Молібден - підвищує червоністькість, міцність, опір окисленню при збільшенні температури. Титан - підвищує міцність, опір корозії. Алюміній - підвищує окалиностійкість. Мідь - зменшує корозію.

7. В сталь вводять також бор, селен, азот, цирконій.

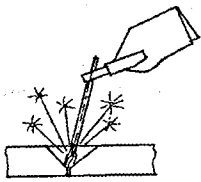
В легованій сталі може знаходитись одночасно кілька елементів. В маркуванні прийняті такі буквені позначення: Х - хром, Н - нікель, А - азот, Р - бор, П - фосфор, В - вольфрам, Е - селен, Г - марганець, Д - мідь, Б - ніобій, Ю - алюміній, М - молібден, К - кобальт, Ц - цирконій, Ф - ванадій. Цифри, що стоять за літерами, показують вміст легуючих елементів у відсотках. Якщо вміст елементів не перевищує 1,5%, то цифра не ставиться. Літера А, яка стоїть в кінці марки, означає, що сталь високоякісна. Наприклад, сталь марки 35ХНЗМА – високоякісна, вміщує 0,35% С, 1% Cr, 3% Ni, 1% Mo.



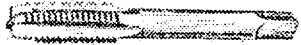
8. Для спрощення маркування легованих сталей вони виділені в особливі групи і мають такі літерні позначення: швидкорізальні – Р, підшипникові – Ш, магнітні - Е, нержавіючі хромисті - Ж, нержавіючі хромонікелеві – Я. Щоб визначити належність леговоної сталі до певної групи маркують торці прокатних профілів фарбою, наприклад, для хромистої сталі прийнято зелений + жовтий колір, хромонікелевої – жовтий + чорний тощо.

9. Міцність будівельних сталей підвищується в результаті легування. Оскільки ці сталі використовують у великих кількостях, то доцільно вводити до їх складу дешеві легувальні елементи. Такими елементами є марганець та кремній. Вони, крім поліпшення механічних властивостей, мають ще одну перевагу – понижено критичну температуру переходу в крихкий стан. Ці сталі можуть працювати до -40°C , а сталі 10ХСНД і 15ХСНД, леговані додатково Ni і Cu, і до -60°C .

10. Для зварних металевих конструкцій отримали низьколеговані будівельні сталі марок 16ГС, 10Г2СД, 09Г2, 14Г2 та ін. Для армування залізобетонних конструкцій використовують низьколеговану сталь марок 18Г2С, 20Х2С.

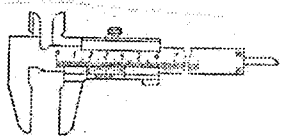


11. Швидкорізальна сталь застосовується для виготовлення різального інструмента.



Завдяки червоностійкості, ($550\text{...}650^{\circ}\text{C}$) інструменти зможуть працювати із швидкостями різання в 3...4 рази більшими, ніж інструменти із вуглецевих і легованих сталей. Швидкорізальну сталь маркують літерою Р (від слова „rapid” – швидкий), наступні за нею цифри показують концентрацію основного легувального елемента – вольфраму.

12. Сталі для вимірювальних інструментів повинні характеризуватися високою зносостійкістю, сталою формою та розмірами протягом тривалого часу експлуатації. Виготовляють вимірний інструмент із легованих сталей марок Х, 90ХВГ, 12Х1.



Контрольні запитання

1. Що називають легованою сталлю?
2. Чим легована сталь відрізняється від вуглецевої?
3. Як називають сталь леговану Cr та Ni?
4. Поясніть значення літер і чисел у марок сталі 35ХМА?
5. Яке значення мають літери і цифри марок сталі 12ХРЗА?
6. Як позначається легована сталь, яка вміщує 0,1% вуглецю, 2% марганцю, 1% кремнію і 1% міді?
7. Що визначають цифри марок легованих сталей?
8. Яку сталь називають швидкорізальною?
9. З якою метою фарбують торці прокатних профілів?

5.3 Спеціальні сталі (Навчальний елемент 19)

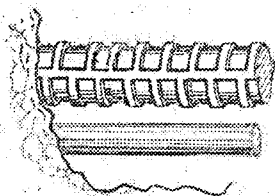
Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен вміти:

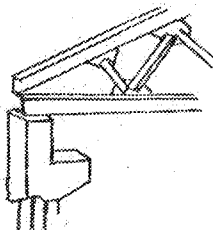
- визначати властивості, за якими розділяють спеціальні сталі;
- вибирати сталі в залежності від призначення;
- визначати марки спеціальних сталей за їх умовним позначенням цифрами та літерами.

1. Виплавляються сталі різні за призначенням, які відрізняються хімічним складом і властивостями. Різноманітність сталей необхідна для машинобудування та будівництва, а їх окремі вузли та деталі працюють у різних умовах: при високих і низьких температурах, у корозійному і абразивному середовищах, в умовах ударних і знакозмінних навантажень і т. д.

2. Будівельні сталі – це вуглецеві, а також низьколеговані сталі (Ст. 1, Ст. 3кп, 14Г, 18Г2, 16ГС, 14ХГС) – анкерні болти, кутники, листи. Будівельні сталі добре зварюються, не утворюючи при цьому холодних та гарячих тріщин, а властивості зварного з'єднання близькі до властивостей основного металу. Для армування залізобетонних конструкцій використовують вуглецеву або низьколеговану сталі у вигляді гладкого прокату або стержнів з періодичним ребристим профілем. Ці сталі поділяються на класи А-1 ... А-VI, (сталі класів А-IV...VI використовують для армування попередньо напруженого залізобетону).



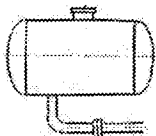
3. Сталь, яку використовують для будівельних конструкцій, поділяють на умовні класи незалежно від її хімічного складу і марки, враховуючи тільки її механічні властивості при розтягуванні. Наприклад, сталь з межею текучості 245 МПа позначають С 245, сталь з межею 375 МПа позначають С 375, а сталь – 590 МПа позначають С 590. Буква С в назві сталі означає сталь „строительную”, цифра показує значення межі текучості в МПа.



4. У будівництві сталь застосовують у вигляді прокатних виробів, що мають різну форму поперечного перерізу (профіль). Розрізняють листову та профільну сталь. Профільну сталь розділяють на сортову (квадрат, кругла) і фасонну (двотаври, швелери, кутики і інше). Каталог прокатних профілів із зазначенням їх форми, розмірів, геометричних характеристик називають сортаментом (*assortment*).



5. Деталі апаратів і ємностей, в яких робочим середовищем є пара, конденсат, масло, нафта і повітря виконуються з вуглецевих сталей, при умові, що вони не мають прямого контакту з більш агресивним середовищем (морська вода, пари і розчини кислот і лугів). Для зварних сталевих корпусів апаратури, днищ, кришок та інших деталей, що працюють під надлишковим тиском, використовують, як правило, сталь марки Ст3, а для менш відповідальних деталей – Ст2. Для сталевих трубних дощок, фланців тощо в більшості випадків рекомендується використовувати Ст4, рідше Ст5.



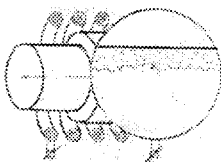
6. Деталі апаратів, що потребують підвищеної міцності або необхідної та достатньої корозійної стійкості, ті, на які діють високі температури, деталі обладнання для харчової і хімічної промисловості, там, де це необхідно, виготовляють з нікелевих, хромо-нікелевих або більш високолегованих сталей з відповідними фізичними, хімічними і механічними властивостями.



7. Сталі, що використовуються без термообробки. Це сталі в листах для штампування, витяжки, видавлювання і т. д. Вони випускаються легованими і слабологованими. Можуть мати підвищений вміст кремнію, який знижує в них міцність. Леговані машинобудівні сталі більше страждають від цього ефекту, тому вміст кремнію у високолегованих машинобудівних сталях повинен бути незначним. Марки: 10кп, 15кп, Ст3, Ст5Гпс.

8. Сталі, що зміцнюються в поверхневому шарі. Це сталі для деталей, що працюють в умовах підвищеного зношування і при динамічних навантаженнях. Їх характерною особливістю є те, що вони зберігають в'язку серцевину після гартування. Сталі, що цементуються, мають низький вміст С (до 0,3 %). Після цементації вони гартуються з досягненням високої твердості тільки в поверхневому шарі. Серцевина таких сталей залишається в'язкою. Вміст вуглецю в поверхневому шарі до 0,8 %. Приклади таких сталей: Ст 20, 15Х, 15ХФ, 15Х2Н4А, 18ХГТ.

9. Сталі, що гартуються з індукційного нагрівання. Вміст С 0,5 - 0,65 % і при індукційному нагріванні і швидкому охолодженні поверхня цих сталей гартується. Зносостійкість їх нижча, ніж в цементації, але опір напруженням вище. Марки: 45, 55, 60, 45X, 50X.



10. Сталі, що азотуються. Через особливості взаємодії з азотом, що дифундує при азотуванні, використовують сталі леговані хромом і алюмінієм. Вони мають 0,35–0,5% вуглецю. Мають високу зносостійкість і твердість (HRC – 69–71). Найкращими сталями для азотування є 38XM10A, 30XT2M, 40XNMA, з яких виготовляють стакани циліндрів і шестерні відповідального призначення.

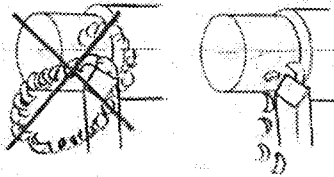
11. Сталі і сплави машинобудівні спеціального призначення. Такі сталі працюють в строго визначених умовах, наприклад на холоді, при нагріванні, при динамічних і гідроабразивних навантаженнях або для спецпризначення в машинах і приладах: для пружин, електроконтактів або для деталей, які повинні отримувати при різанні поверхню високої чистоти..

12. Сталі особливо високої міцності і в'язкості. Це сталі, які зміцнюються в результаті мартенситного перетворення. Вони практично безвуглецеві і складнолеговані нікелем, кобальтом, молібденом, титаном і берилієм. Як правило, такі сталі стійкі проти корозії, теплостійкі і дорогі (H18K9M5T – шестерні, вали, корпуси ракет; H10X12D2T – деталі хімапаратури, пружини; H4X12K15M4T – деталі теплоелектричних установок, гарячі штампи).

13. Жаростійкі та жароміцні сталі різного призначення часто працюють при підвищених температурах, високих тисках і механічних навантаженнях. Жаростійкість (окалиностійкість) характеризує опір металу окисленню при високих температурах. Для підвищення окалиностійкості сталь легують елементами, які зміцнюють склад і будову окалини. Так, в результаті введення в сталь відповідних кількостей хрому, алюмінію та кремнію в процесі окислення на поверхні утворюються міцні окисли Cr_2O_3 , Al_2O_3 або SiO_2 , дифузія кисню через які відбувається дуже повільно. Утворена тонка плівка з таких оксидів утруднює процес подальшого окислення. Чим вищий вміст хрому, алюмінію або кремнію в сталі, тим вища її окалиностійкість і тим вищою може бути робоча температура.



14. Жароміцними називають сталі і сплави, здатні працювати під високими механічними навантаженнями при підвищених температурах протягом певного часу і маючи при цьому достатню механічну міцність. X5, X17, 4X9C2, 3X13N7C2 – теплообмінники, труби піролізних установок; 15XM, 25X2MФ – труби пароперегрівачів, арматура парових котлів; 2X13, 2X12BMБФ – лопатки парових турбін. Жароміцні сплави для роботи при високих температурах (до 700 – 900 °С) створюють на основі заліза, нікелю і кобальту, а для роботи при дуже високих (до 1200 - 1500 °С) – на основі молібдену та інших тугоплавких металів.
15. Котлотурбінні сталі для виробництва деталей котлотурбінних агрегатів, пароперегрівників тощо використовують не лише спецсталі, а й звичайні вуглецеві сталі (будівельні, машинобудівні і т.д.) Котли низького і середнього тиску (до 6 МПа) з температурою нагрівання не вище 450 °С повністю виготовляють з низьковуглецевої сталі (Ст2, Ст3, Сталь 20). Для труб пароперегрівників, паропроводів, що працюють при більш високих температурах (540 – 560 °С) використовують низьковуглецеві леговані сталі перлітного класу. Як легуючий елемент, що значно підвищує опір повзучості сталей перлітного класу, використовують молібден. Разом із молібденом в цих сталях повинен бути хром (0,5-1%), який підвищує жаростійкість і стійкість структури при високих температурах. Для підвищення опору повзучості в котлотурбінні сталі додають ванадій і вольфрам.
16. Кріогенні сталі використовуються для відповідальних деталей, що працюють при низьких температурах. Прикладами таких сталей є: 0Н6А, 0Н9А, 0Х23Н18, температура їх служби від мінус 196 °С до -296 °С. З таких сталей виготовляють циліндричні і сферичні резервуари для зберігання і транспортування зріджених газів. Всі технологічні операції для виготовлення таких резервуарів, в тому числі і зварювання виконують тільки на термооброблених листах сталі.
17. Зносостійкі сталі використовуються частіше в литому або кованому вигляді. Загальна технологічна особливість – понижена оброблюваність різанням. В процесі роботи виробів з таких сталей, що піддаються кавітаційній ерозії, деформація і руйнування поверхневих шарів приводять до того, що на поверхні деталей під дією гідравлічних ударів утворюється новий шар мартенситу, який має високу міцність.
18. Пружинні сталі і сплави це вуглецеві і леговані сталі, які в першу чергу повинні мати високий опір малим пластичним деформаціям, високу межу витривалості і підвищену реакційну стійкість. Це сталі типу 65Г, 55ХГР, 50ХФА, 55ХГСФ – пружини механізмів і машин, ресори автомашин.

19. Автоматні (*submachine gunsteel*) сталі призначені для обробки на станках-автоматах і мають підвищений вміст сірки і марганцю. В такі сталі додають свинець, це підвищує швидкість різання. Використовуються, в основному, для деталей, що виготовляються великими партіями різанням на станках-автоматах з ЧПУ (гвинти, гайки, болти). В марці перед цифрою вмісту вуглецю вказують букву А, або АС (свинцеві): А12, АС35Г2. Можуть бути і з кальцієм: АЦ45Х. Автоматні сталі обробляються твердосплавним інструментом, і мають понижені механічні властивості.
- 
20. Швидкорізальні інструментальні сталі містять у своєму складі вольфрам, хром, молібден (до 18 % основного легуючого елемента). Внаслідок високої теплотривкості (550...650 °С) інструменти із цих сталей можуть працювати із швидкостями різання в 3...4 рази більшими, ніж інструментами із вуглецевих і легованих сталей.
21. Неіржавіючі сталі мають високу хімічну стійкість в агресивних середовищах. Одержують їх введенням до складу низько- і середньовуглецевих сталей значної кількості хрому (не менше 12,5 %) і нікелю, а також додатково титану, алюмінію і марганцю.

Контрольні запитання

1. Що таке спеціальні сталі?
2. Чим відрізняються спеціальні сталі від звичайних?
3. Яке призначення спеціальних сталей?
4. Чим відрізняється сталь жаростійка від жароміцної?
5. Яке призначення автоматної сталі?
6. Де і коли використовують кріогенні сталі?
7. Назвіть декілька марок пружинної сталі.

5.4 Чавуни (Навчальний елемент 20)

Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме технічною інформацією щодо:

- класифікації чавунів за головними ознаками;
- впливу домішок і швидкості охолодження на структуру і властивості чавунів;
- визначення області застосування та маркування чавунів;
- визначення видів чавунів та їх властивості.

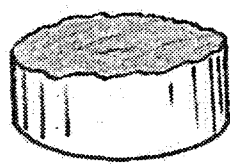
1. Чавунами називають залізовуглецеві сплави, вміст вуглецю в яких знаходиться в межах 2,14% - 6,67%. Чавуни найбільш широко використовують для литих деталей, що експлуатуються при зменшених динамічних навантаженнях. Перевага чавуну – підвищені ливарні властивості і менша вартість. Температура для лиття чавунів значно нижча (на 300-400 град.) ніж у сталей.

2. В основу класифікації чавунів покладено ряд ознак, головними з яких є: стан вуглецю в чавуні, форма графітних частинок та інші. Вуглець у чавунах може знаходитися як у зв'язаному вигляді, у вигляді хімічної сполуки з залізом Fe_3C – цементиту, так і у вільному стані у формі графіту, а також у вигляді цементиту і графіту одночасно.

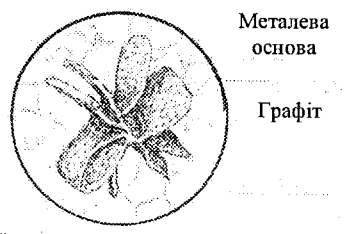
3. При порівняно швидкому охолодженні рідкого чавуну при переході його в твердий стан вуглець виділяється в формі цементиту. Якщо в чавуні увесь вуглець знаходиться у вигляді цементиту, то його називають білим чавуном. Колір „злому” такого чавуну білий, блискучий. Білий чавун в більшості йде на перероблення у сталь або за допомогою термообробки трансформують в ковкий чавун.



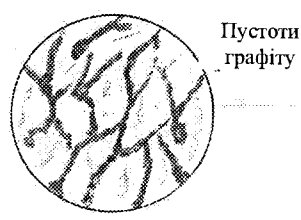
4. При повільному охолодженні рідкого чавуну вуглець виділяється із розплаву в вигляді графіту, який розміщується всередині металевій маси в формі окремих включень. Графіт надає чавуну сірий колір в зломі. В зв'язку з чим чавуни, в яких спостерігаються вкраплення вільного графіту, називають сірим чавуном (*grey cast-iron*).



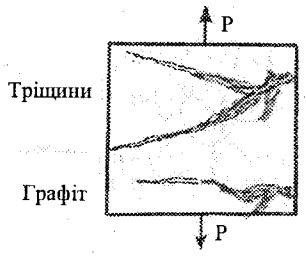
5. Оскільки структура чавуну складається із металевої основи і графіту, то і властивості чавуну будуть залежати як від властивостей металевої основи, так і від кількості і характеру графітних включень. Графіт порівняно з металевою основою має значно нижчі механічні властивості, і тому графітні включення можна вважати в першому наближенні просто пустотами, тріщинами.



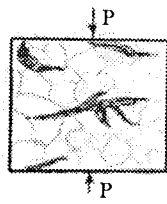
6. Природно, що чим більший об'єм займають пустоти, тим гірші властивості чавуну. Отже, чим більше в чавуні графіту, тим нижчі властивості, чим грубіші включення графіту, тим більше вони роз'єднують металеву основу, тим гірші властивості чавуну. Найнижчі механічні властивості має чавун, у якому графітні включення утворюють замкнутий скелет.



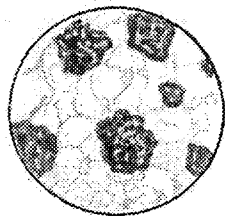
7. Графітні пластинки порушують зв'язаність металевої матриці в чавуні. Вони послабляють поперечний переріз деталі або зразка при розтягувальному навантаженні, у зв'язку з чим чавун здатний витримувати тільки стискувальні, але не розтягувальні напруження. Крім того, пластичні виділення графіту є ніби внутрішніми тріщинами з дуже гострими краями. При навантаженні матеріалу біля основи цих тріщин концентруються напруження, які можуть викликати їх розвиток.



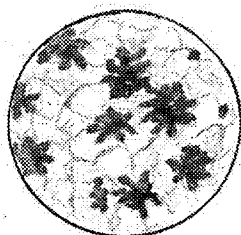
8. В силу цих несприятливих обставин чавун, не дивлячись на велику кількість вуглецю, здатний витримувати менші розтягувальні навантаження, ніж сталь. Під стискувальним навантаженням чавун веде себе краще, оскільки графітні пластинки в поперечному перерізі зразка або деталі беруть на себе відповідну частину напруження стиску.



9. Щоб покращити міцність чавуну, слід добиватися того, щоб графітні включення мали форму куль, а не пластинок. Як показує досвід, із округленням графітних включень, міцність чавуну на розтяг зростає, і коли включення графіту набуває форму кулі, то міцність чавуну досягає приблизно такого ж рівня, як і в сталях. Це обумовлено тим, що та ж кількість кулеподібного графіту займає меншу площу в поперечному перерізі, ніж пластинчастого. Крім того, небезпека концентрації напруження на такому графіті значно зменшується. Тому такий чавун, у якому графіт має кулеподібну форму, називається високоміцним.

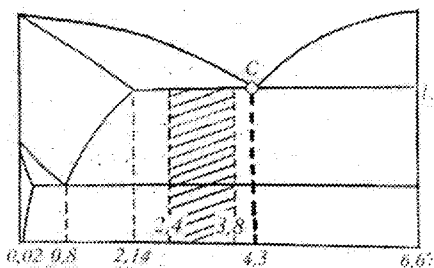


10. Розрізняють також ковкий чавун (*malleable cast iron*). У такому чавуні форма графітних включень має пластинчасту форму. Ковкий чавун займає проміжне значення за міцністю між звичайним сірим чавуном, у якому графітні включення знаходяться у вигляді пластинок, і високоміцним чавуном, у якому графітні включення мають кулясту форму.



11. У структурі сірого чавуну більша частина або весь вуглець знаходиться у вигляді графіту. Характерна особливість структури сірих чавунів, що визначає багато їх властивостей, полягає в тому, що графіт має форму пластинок.

12. Найбільш широко застосування знайшли доєвтектичні чавуни, що містять 2,4...3,8 % С. Чим більше в чавуні вуглецю, тим більше утворюється графіту і тим нижчі його механічні властивості. Тому кількість вуглецю в чавуні звичайно не перевищує 3,8%. В той же час для забезпечення високих ливарних властивостей вуглецю в чавуні повинно бути не менше 2,4 %.



13. Кремній, концентрація якого в сірому чавуні може змінюватися від 0,3 до 5 %, значною мірою впливає на будову, а також і на властивості чавунів. Кремній сприяє процесу графітизації, чим більше кремнію є в чавуні (при однаковій кількості вуглецю), тим повніше в ньому протікає процес графітизації.

14. Марганець затримує виділення вуглецю в вигляді графіту і сприяє відбіленню чавуну. Вміст в чавуні до 1,2% марганцю корисно оскільки він збільшує міцність і твердість чавуну. При більшому вмісті марганцю чавун стає крихким.
15. Фосфор підвищує рідкотекучість чавуну, тому вміст його в невеликих дозах (до 0,4%) допустимий. В чавунних виливках фосфору повинно бути до 0,15%, оскільки він збільшує крихкість чавуну.
16. Сірка затрудняє виділення графіту, збільшує крихкість чавуну, зменшує рідкотекучість. Вміст в чавуні більше 0,1% сірки недопустимий.
17. Сірі чавуни позначаються – маркуються так: букви СЧ позначають сірий чавун, потім ідуть два двозначні числа: перше число показує границю міцності при розтягуванні, друге – границю міцності при згині в $кг/мм^2$. Букви ВЧ позначають високоміцний чавун, дві перші цифри - границя міцності при розтягуванні, другі дві – відносно подовження. Марка ковкого чавуну позначається КЧ, цифри позначають те саме, що і в високоміцному чавуні.

Контрольні запитання

1. Що таке чавун?
2. Чим відрізняється чавун від сталі?
3. Які ознаки покладені в основу класифікації чавуну?
4. Чим відрізняються сірі чавуни від білих?
5. Якої форми можуть бути графітні включення в чавуні?
6. Як залежать властивості чавуну від форми графітових включень?
7. Як називають чавун в якого графіт має кулясту форму?
8. Що означають останні дві цифри при маркуванні сірого чавуну?
9. Як позначаються ковкі чавуни?

6 КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ. КОРОЗИЯ

6.1 Кольорові метали та сплави (Навчальний елемент 21)

Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме технічною інформацією щодо:

- значення кольорових металів і сплавів в техніці;
- основних властивостей кольорових металів та сплавів;
- використання кольорових металів і сплавів та їх маркування.

1. Кольорові метали і сплави мають властивості, що відрізняють їх від чорних металів. Основними є: стійкість проти корозії, висока електропровідність і краща, ніж у чорних металів, оброблюваність. Але кольорові метали дорого коштують і дефіцитні, тому, по можливості, їх замінюють чорними металами або пластмасами.
2. Алюміній (*aluminum*) за обсягами світового виробництва вийшов на друге місце після сталі, а за темпами росту далеко випередив сталь. Такий стрімкий розвиток алюмінієвої промисловості можна пояснити рядом позитивних властивостей і порівняно низькою вартістю алюмінію. За сировинними запасами алюміній – найпоширеніший у природі елемент. У земній корі є значні запаси алюмінієвих руд (бокситів).
3. Алюміній – метал срібно-білого кольору, характеризується малою густиною, низькою температурою плавлення, високими пластичністю, тепло- та електропровідністю, добрими зварюваністю й оброблюваністю різанням. Оскільки він має невисоку міцність і відносно низьку температуру плавлення його використовують для ненавантажених деталей і елементів конструкцій, коли від матеріалу потрібується легкість, зварюваність, пластичність.
4. В техніці широко використовується як чистий алюміній, так і його сплави. В залежності від технології виготовлення деталей їх поділяють на деформовані та ливарні. З ливарних сплавів найбільше застосовують силуміни (*silumin*) – сплави алюмінію з кремнієм. Силуміни відрізняються високою рідкотекучістю і незначною усадкою, а також непоганою оброблюваністю. Їх маркують літерами АЛ (алюміній ливарний). Силуміни застосовують для відливання деталей двигунів, корпусів різних приладів.



5. Дюралюмінами називають сплави алюмінію з міддю (до 5,2%), марганцем, магнієм і невеликою кількістю заліза. Назву їх можна розшифрувати як “твердий алюміній” (від французького “Dur” – твердий). Маркуються дюралюміні буквою Д. Термообробка дюралюмінів потребує гартування з 500 °С у воді з подальшим старінням, тобто деталь з дюралюмініу набуває відповідних механічних властивостей через 5-7 днів після гартування.



6. Мідь – це в'язкий метал рожево-червоного кольору, який добре проводить електричний струм і тепло, має високу стійкість проти корозії і хорошу оброблюваність. Мідь і сплави міді відрізняються високими: електропровідністю, теплопровідністю, пластичністю, корозійною стійкістю (наприклад, в морській воді і вологому повітрі), добре обробляються тиском в холодному і гарячому стані, мають високі ливарні властивості і задовільно обробляються різанням.

7. Мідні сплави – це латуні і бронзи. Латуні (*brass*) - це сплави міді з цинком. Порівняно з міддю латуні дешеві, міцніші і стійкіші проти корозії. Вони мають високі ливарні властивості і добре обробляються. Латуні маркуються літерою Л і числом, яке вказує на процентний вміст міді. Латуні за призначенням бувають ливарні та оброблювані тиском.



8. Бронзами (*bronze*) називають сплави міді з оловом (олов'яністі бронзи). Раніше до бронз відносили тільки сплави мідь – олово.



9. З часом розроблені нові сплави на мідній основі, в яких олово замінено другими елементами. Назва залишилася стара, оскільки вони за багатьма властивостями і кольором не дуже відрізняються від мідно-олов'янистих сплавів. В залежності від введеного елемента бронзи називають олов'янистими, алюмінієвими, марганцевистими, фосфористими тощо.



10. Бронзи маркуються таким чином: літери Бр означають бронзу, наступні літери означають легуючий елемент (О – олово, Ц – цинк, Ф – фосфор, Ж – залізо, А – алюміній), цифри показують вміст елементів в сплаві. Так, бронза марки БрАЖН 11-6-6 має такий хімічний склад: 11% алюмінію, 6% заліза, 6% нікелю.

11. Титан – метал сріблясто-білого кольору з малою густиною (4500 ег/м^3) і високою температурою плавлення ($1668 \text{ }^\circ\text{C}$). Завдяки своїй високій питомій міцності, жароміцності й корозійній стійкості титан знайшов широке застосування у провідних галузях промисловості. Він за розповсюдженням у земній корі посідає четверте місце після алюмінію, заліза й магнію. Титан легко обробляється тиском, добре зварюється, проте погано обробляється різанням. На повітрі титан покривається щільною окисною плівкою TiO_2 , яка робить його стійким проти корозії.
12. Сплави титану завдяки своїм властивостям знайшли широке застосування в авіації, у ракетно-космічній техніці, у транспортному машинобудуванні, в хімічній і харчовій промисловості та в медицині. З цих сплавів виготовляють обшивку фюзеляжів надшвидкісних літаків, панелі ракет, деталі двигунів для літаків і ракет, обшивки морських суден і підводних човнів, деталі машин і апаратів для хімічної промисловості. Звичайні титанові сплави вміщують декілька легуючих елементів, але обов'язковим компонентом є алюміній, який підвищує жароміцність і покращує зварюваність.
- $\text{Ti} + \text{Al} + \text{O}_2$
 сплав титану
13. Магнієві сплави відрізняються від інших тим, що вони мають високу питому міцність при малій вазі. Міцність деяких магнієвих сплавів сягає $250\text{--}400 \text{ МПа}$ при густині менше $2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Магнієві сплави в гарячому стані добре пресуються, куються, прокатуються і обробляються різанням. Вони немагнітні і не іскрять при ударах і терті. Ці сплави легко зварюються, особливо аргонодуговим зварюванням. До недоліків магнієвих сплавів, разом з низькою корозійною стійкістю і малим модулем пружності, потрібно віднести погані ливарні властивості, здатність до газонасичення, окислення і загоряння при їх виробництві.
14. Нікель - міцний високопластичний метал, що має високу корозійну стійкість, високу температуру плавлення, низьку пружність парів і має магнітні властивості. І чистий нікель, і його сплави широко використовують в техніці і як конструкційні матеріали. Стандартні нікелеві сплави можна умовно розділити на чотири групи: низьколеговані-конструкційні і електротехнічні, термоелектродні (хромель, алюмель тощо), корозійностійкі (монельметал) і жаростійкі (ніхроми і фероніхроми).

15. Мідно-нікелеві сплави мають високу корозійну стійкість і особливі електричні властивості, які залежать, як і міцність, від вмісту нікелю. За призначенням мідно-нікелеві сплави можна розділити на конструкційні і електротехнічні. До конструкційних відносяться високоміцні і корозійностійкі сплави типу мельхіор, нейзильбер або куніаль. Як додаткові легуючі елементи використовують залізо, алюміній, марганець і цинк.
- $$\text{Cu} + \text{Ni} + \text{Fe}$$

міднонікелевий
сплав
16. Свинець – м'який, в'язкий метал сірого кольору, має високу пластичність і хороші ливарні якості, добре протистоїть корозійній дії сірчаної і соляної кислот. Свинець застосовують в електротехніці – при виготовленні кислотних акумуляторів, оболонок кабелів. Свинець – невід'ємна частина ряду сплавів (бронз, латуней, бабітів і м'яких припоїв).
17. Олово – м'який, в'язкий метал сріблясто-білого кольору. Він майже не окислюється на повітрі та воді. Олово застосовують для лудіння (*tinning*) харчового посуду. Він входить до складу різних технічних сплавів (бронз, м'яких припоїв тощо).

Контрольні запитання

1. Які сплави на основі міді вам відомі?
2. Поясніть значення літер і цифр у марках сплавів: БрАЖ 10-3.
3. Як розділяють сплави алюмінію за призначенням?
4. Які за призначенням бувають сплави алюмінію?
5. Де використовують сплави алюмінію?
6. Чим відрізняється бронза від латуні?
7. Чим відрізняється силумін від дюралюмінію?
8. В чому різниця між силуміном і дюралюмініом?
9. В чому переваги і недоліки магнієвих сплавів?
10. Як називається сплав міді з цинком?
11. Як називається сплав міді з оловом?
12. Як називається сплав алюмінію з кремнієм?

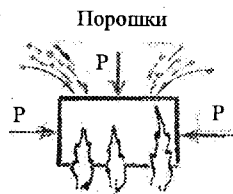
6.2 Металокерамічні сплави (Навчальний елемент 22)

Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме технічною інформацією щодо:

- визначення суті і складу металокерамічних сплавів;
- основних властивостей металокерамічних сплавів та маркування деяких з них;
- використання металокерамічних сплавів.

1. Металокерамічні сплави формують з порошків, які пресують, після чого спікають при температурі, що не перевищує температуру плавлення зв'язувального компонента. Під час спікання сформована заготовка перетворюється у міцний виріб (деталь), що має властивості суцільного матеріалу.



2. Порошки отримують фізико-хімічними або механічними методами. Під час електролізу на катоді осаджується порошкоподібний метал. Подрібнюють куски або порошки шляхом розмелювання, розпорошування рідкого металу під дією відцентрових сил або стисненого газу, а також грануляцією під час виливання розплавленого металу в рідину. Отриманий порошок сортують за розмірами на відповідні фракції.

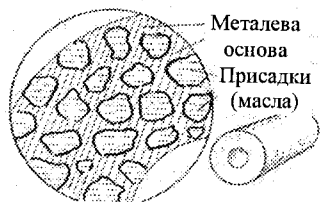
3. Твердими сплавами називають сплави, виготовлені з порошків карбідів вольфраму (WC), титану (TiC), чи танталу (TaC) на кобальтовій зв'язці. Ці сплави відрізняються високою твердістю аж до температури 900 °C. Серед інструментальних матеріалів, інструменти, оснащені твердосплавними пластинами, знімають близько 70% від сумарної маси стружки. Змінюючи співвідношення між масовими частками карбідів і зв'язки, можна регулювати твердість сплаву та інші його властивості.



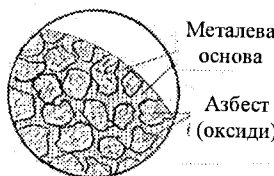
4. Марки твердих вольфрамокобальтових сплавів позначають літерами ВК, а цифра, яка після букв, показує вміст кобальту в %, так, наприклад, сплав ВК8 містить 92% карбідів вольфраму і 8% кобальту. Титановольфрамкові тверді сплави позначаються так: Т15К6, Т14К8 і Т5К12. Приблизний склад сплаву Т14К8: 78% карбиду вольфраму, 14% карбиду титану і 8% кобальту.

5. Керметами (*керамічні матеріали*) називають порошкові сплави, які є з'єднанням металів і неметалевих матеріалів (карбідів, окислів, нітридів, боридів). Зв'язувальними матеріалами можуть бути порошки нікелю, кобальту, хрому та інші.

6. Антифрикційні порошкові матеріали складаються з металевої основи, в порах якої перебувають рідкі мастила і спеціальні присадки (графіт, сульфід, фторопласт), що відіграють роль твердого мастила. Ці матеріали відзначаються високою пористістю, низьким коефіцієнтом тертя, значною зносостійкістю.



7. Фрикційні порошкові матеріали призначені для роботи в гальмівних пристроях і в пристроях, що передають крутільний момент. Металевою основою фрикційних матеріалів можуть бути залізо, мідь і сплави на їх основі. Компоненти, що забезпечують підвищений коефіцієнт тертя, відзначаються високими температурою плавлення й твердістю (азбест, оксиди кремнію, хрому, магнію).



8. Фільтрувальні елементи з порошкових матеріалів у вигляді втулок або фігурних пластин наскрізь пористі, теплозв'язки, стійкі до корозії, міцні та пластичні, їх використовують для очищення рідин і газів від твердих частинок. Фільтри виготовляють з порошку бронзи, латуні алюмінію, нікелю, срібла.



Контрольні запитання

1. Які сплави на основі міді вам відомі?
2. Поясніть значення літер і цифр у марках сплавів: БрАЖ 10-3.
3. Як розділяють сплави алюмінію за призначенням?
4. Які за призначенням бувають сплави алюмінію?
5. Де використовують сплави алюмінію?
6. Чим відрізняється бронза від латуні?
7. Чим відрізняється силумін від дюралюмінію?
8. В чому різниця між силуміном і дюралюмінію?
9. В чому переваги і недоліки магнієвих сплавів?

6.3 Корозія металів (Навчальний елемент 23)

Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, Ви володітиме технічною інформацією щодо:

- визначення корозії металів та сплавів;
- основних видів корозійних руйнувань;
- основних методів захисту від корозії.

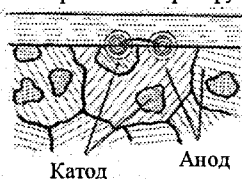
1. Корозією (*corrosion*) називають руйнування металу під дією зовнішнього середовища. При цьому деякі сталі покриваються продуктами корозії (іржею). В результаті дії зовнішнього середовища механічні властивості сталей можуть різко погіршуватись навіть при відсутності видимих змін на поверхні деталі. Корозія починається з поверхні металу і розповсюджується вглибину. Корозія – страшний бич сучасної промисловості, будівництва і транспорту. За неповними відомостями 30% металу йде на встановлення втрат від корозії, із них 10% губиться безповоротно.

Корозію залежно від механізму процесу поділяють на хімічну і електрохімічну. Хімічна корозія – це коли руйнування металу не супроводжується виникненням електричного струму. Хімічна корозія виникає в результаті дії на поверхню металів і сплавів атмосфери повітря.

Хімічна корозія відбувається за законами хімічної кінетики. При хімічному корозійному руйнуванні на поверхні металу утворюється плівка з продуктів корозії, звичайно окислів. В деяких випадках ця плівка захищає метал від наступної корозії, таким чином робить його більш пасивним відносно навколишнього середовища. Суцільна та щільна плівка на поверхні металу захищає (пасивує) його від подальшого руйнування. Прикладом хімічної корозії є процес окислення при високих температурах лопаток газових турбін, елементів електронагрівників, клапанів двигунів внутрішнього згорання і других деталей, а також окислення металу в органічних рідинах (спирті, бензині, нафті і т. д.).

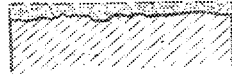
2. Електрохімічна корозія виникає при дії на метал електролітів, тобто струмопровідних рідин – водних розчинів солей, лугів або кислот. Щоб протікала електрохімічна корозія потрібний контакт металу з розчином електроліту. Надчисті метали кородують дуже слабо (приклад, стовп з надчистого заліза в Індії). В сталі є залізо і домішки. При контакті з електролітом на поверхні сплаву утворюються гальванічні мікропори, замкнуті накоротко через сам метал, при цьому метал, який легше віддає електрони, слугує анодом і руйнується в процесі роботи гальванічного елемента.

Електроліт Електрострум



3. Існують різні види корозійних руйнувань, наприклад:

- рівномірна корозія характеризується рівномірним руйнуванням з однаковою швидкістю по всій поверхні;



- місцева корозія характеризується руйнуванням металу тільки на окремих ділянках поверхні;



- міжкристалічна корозія – найнебезпечніша корозія, оскільки руйнування відбувається по границях зерен, не виявляє ніяких зовнішніх ознак корозії, і руйнування деталі чи конструкції може статися раптово;



- корозія язвами починається на поверхні або під поверхнею, яка викликає розшарування і вздутість металу.



6. Від корозії метал може бути захищений легуванням, коли в сталь введені деякі легуючі, які підвищують стійкість проти корозії. (дивись розділ 5.2 “Леговані сталі”). Легуючі елементи утворюють на поверхні сталі стійкі окисні плівки, які захищають метал від корозії.

7. Захист від корозії неметалевими плівками, які одержуються кип’ятінням деталей у водному розчині, що містять сильний розкислювач, наприклад, їдкий натрій, селітру і перекис марганцю. При цьому на металі утворюється плівка, що складається в основному із магнітного окислу заліза. У результаті оксидування деталі набувають красивого синього або чорного кольору (воронування).

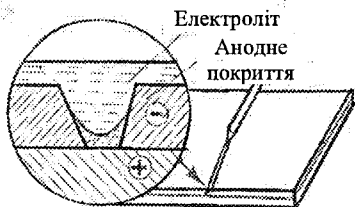
8. Захист металевими покриттями. Для покриття деталей застосовують такі метали: цинк (цинкування), кадмій (кадмування), алюміній (алітування), олово (лудіння), нікель (нікелювання), хром (хромування), мідь (міднення). Нанесення металу на поверхню деталі може здійснюватись різними методами, наприклад:

- покриття шляхом занурення деталі в розплавлений метал, що має невисоку температуру плавлення (цинк, олово, свинець, алюміній);
- покриття одержується за рахунок дифузії металу із зовнішнього середовища в поверхню деталі, насичення поверхневого шару деталі металом і хімічної взаємодії з ним, з утворенням стійких проти корозії сполук (див. розділ 4.3 “Хіміко-термічна обробка”);

- гальванічні покриття ґруновані на електролізі водних розчинів солей того металу, який служить для покриття. При цьому виріб із основного металу опускають в ванну, де під дією постійного електричного струму на поверхні захисного металу осідає нікель, хром, цинк або другий метал.

9. Отримання покрить напленням іншого металу з метою захисту від агресивного середовища називають металізацією. Існує два типа металевих покриттів – анодне і катодне:

- для анодного покриття використовують метали, які мають більш негативний електродний потенціал, ніж основний метал. В процесі корозії анодні покриття розчиняються і захищають метал від руйнування. Ці покриття не бояться зовнішніх пошкоджень покриття, оскільки при цьому руйнуються самі покриття. Анодним покриттям для залізних сплавів є цинк;



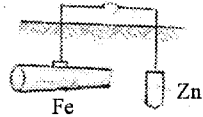
- для катодного покриття використовують метал, що має менший негативний електродний потенціал, ніж основний метал. При порушенні цілісності катодного покриття його захисна дія зупиняється, оскільки основний метал легше руйнується від дії електроліту. Найбільше застосування одержало олов'яне лудіння в харчовій промисловості (корсетні банки).



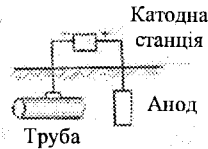
10. Захист неметалевими покриттями полягає в механічному нанесенні на поверхню металу фарб і лаків. Лакофарбові покриття мають найширше розповсюдження за рахунок того, що вони дешеві, не потребують витрат кольорових металів і застосовуються для захисту від корозії будь-яких конструкцій. Недоліком їх є здатність розтріскуватись і пропускати вологу.

11. Обробка корозійного середовища шляхом введення присадок виконується з метою зменшення агресивної дії середовища на метал чи сплав. Ці присадки називаються інгібітори (*inhibitors*). Найбільше поширення має спосіб, оснований на принципі пасивування, при якому, наприклад, домішка у рідину охолоджувальної системи двигуна внутрішнього згорання невеликої кількості хромпіку практично усуває корозію.

12. Захист від корозії протекторами полягає в тому, що, наприклад, до труби, яка знаходиться в землі, приєднується метал, який має більш низький потенціал, ніж потенціал труби. Приєднаний метал, який називається протектором, є анодом і руйнується, а труба є катодом і корозії не піддається.



13. Катодний захист зовнішнім струмом магистральних трубопроводів, котлів полягає в тому, що від джерела постійного струму через катод підводиться струм до захисного металевого виробу, а анодом слугують металеві пластини, занурені в корозійне середовище. В результаті основний виріб (труба) становиться катодом і перестає кородувати.



Контрольні запитання

1. Що таке корозія і в чому її суть?
2. В чому відміна хімічної корозії від електрохімічної?
3. Які Ви знаєте види корозійних руйнувань?
4. Які існують способи захисту металів від дії корозії?
5. В чому суть неметалевого покриття від корозії?
6. Що таке інгібітори і як вони захищають метал від корозії?
7. В чому відміна захисту сталі від корозії анодним покриттям від катодного?
8. В чому суть захисту від корозії протекторами?
9. Яке призначення інгібіторів?
10. Чим відрізняється захист від корозії сталі лудінням від цинкування?

Тести другого модуля

1. В якому стані окрім твердого, рідкого чи газоподібного може перебувати речовина:
а) надтвердому; б) плазмовому; в) хаотичному?
2. Як називають тіла, в яких атоми розташовані у певному геометрично правильному порядку:
а) хаотичні; б) кристалічні; в) плазмові?
3. Якими ознаками не характеризують метали:
а) високою тепло провідністю; б) високою термоелектронною емісією; в) високим електричним опором?
4. Що є основною ознакою, за якою тіло вважають кристалічним:
а) зовнішня форма; б) його внутрішня будова; в) кількість атомів в комірках?
5. Як позначається елементарна кубічна кристалічна ґратка в якій міститься 8 атомів у вершині куба і один в центрі:
а) ОЦК; б) ГЦК; в) ГПУ?
6. Скільки атомів знаходиться в гранецентрованій кубічній решітці:
а) 14; б) 9; в) 12?
7. Якою є решітка, в елементарній комірці якої знаходиться 14 атомів:
а) об'ємцентрована; б) гранецентрована; в) гексагональна?
8. Чому дорівнює базисне число елементарної кристалічної решітки (ОЦК):
а) 2; б) 6; в) 12?
9. Як називається здатність металу мати різні властивості в різних напрямках:
а) алотропія; б) анізотропія; в) дислокація?
10. Як називаються точкові дефекти, коли вузли кристалічної решітки незаповнені атомами:
а) дислокації; б) вакансії; в) крайові зсуви?
11. Як змінюється міцність металів із збільшенням числа дефектів кристалічної будови:
а) збільшується; б) зменшується; в) спочатку зменшується, а потім збільшується?
12. Як називається метод дослідження внутрішньої будови металів:
а) макроаналіз; б) мікроаналіз; в) хімічний аналіз?
13. Що не перевіряють макроаналізом:
а) зварні шви; б) розташування волокон; в) розміри зерен?
14. Як називаються деревоподібні кристали:
а) дендрит; б) дренаж; в) алотропія?

15. Від чого залежить розмір зерна при кристалізації:
а) кількості центрів кристалізації; б) розмірів центрів кристалізації; в) незалежні?
16. Як називають осі скелетоподібної кристалізації:
а) зерна; б) гілки; в) ребра?
17. Як називається процес штучного регулювання розмірів зерен:
а) анізотропія; б) дендритна кристалізація; в) модифікування?
18. Як називається складна речовина отримана шляхом сплавлення двох чи більше металевих хімічних елементів:
а) сплав; б) хімічна сполука; в) з'єднання?
19. Як називають твердий розчин, коли в решітку основного компонента входять атоми розчинного компонента:
а) розчин проникнення; б) розчин заміщення; в) розчин вилучення?
20. Який твердий розчин утворюється на базі хімічного з'єднання:
а) розчин проникнення; б) розчин заміщення; в) розчин вилучення?
21. Чи можна отримати сплав металу з неметалом:
а) так; б) ні; в) так, але тільки потрійний?
22. Який утворюється сплав з компонентів, що різко відрізняються атомними об'ємами і температурою плавлення:
а) хімічна сполука; б) механічна сполука; в) твердий розчин заміщення?
23. Як називають графічне зображення перетворень, які проходять в сплавах, в залежності від температури і концентрації компонентів:
а) графік стану; б) діаграма стану; в) діаграма перетворень?
24. Як називають однорідну частину системи:
а) фазою; б) компонентом; в) станом?
25. Як називають температуру початку первинної кристалізації:
а) евтектика; б) ліквідус; в) солідус?
26. Як називають лінію на діаграмах стану сплавів, коли тверднуть останні краплі рідини:
а) евтектика; б) ліквідус; в) солідус?
27. Як називається структура, що отримується при кристалізації рідкого розчину при сталій температурі:
а) евтектика; б) евтектоїд; в) евтектичний сплав?
28. Як називається діаграма стану, обидва компоненти якої мають необмежену розчинність один в одному як в рідкому, так і в твердому станах:
а) діаграма 1-го роду; б) діаграма 2-го роду; в) діаграма 3-го роду?

29. Як називається графік перетворень залізовуглецевих сплавів в координатах температура – концентрація вуглецю:
а) діаграма стану залізо – вуглець; б) графік стану Fe – FeO₂; в) діаграма Fe – FeC?
30. Чому концентрація вуглецю в залізовуглецевому сплаві від 0,01 до 6,67% взята за граничну:
а) така кількість вуглецю в хімічній сполуці Fe₃C; б) така кількість заліза в сполуці Fe₃C; в) така частка вуглецю в хімічній сполуці FeC?
31. Якими точками на діаграмі Fe – C показана лінія ліквідус:
а) ABCD; б) FBJTCF; в) ABJCD?
32. Чому ліву верхню частину діаграми інколи спрощують і показують схожою на діаграму другого роду:
а) для спрощення; б) тому, що там нічого не відбувається; в) для зниження температури плавлення?
33. Як називають перетворення, що знаходиться в лівій верхній частині діаграми залізо-вуглець:
а) перлітне; б) перитектичне; в) протекторне?
34. З якою швидкістю потрібно охолодити сталь щоб отримати мартенівську структуру:
а) швидко; б) повільно; в) спочатку повільно, а потім швидко?
35. Як будується C-подібна діаграма ізотермічного перетворення аустеніту евтектоїдної сталі:
а) по осі абсцис відкладається час, а по осі ординат – температура;
б) по осі абсцис – температура, а по осі ординат – час; в) по осі абсцис – швидкість розпаду аустеніту, а по осі ординат – температура?
36. Яку структуру отримують при повільному охолодженні аустеніту:
а) перліт; б) сорбіт; в) мартенсит?
37. Чим визначається вид термообробки сталі: а) характером змін температури; б) типом фазових перетворень; в) витримкою при певній температурі?
38. Як називають нагрів сталі до температури вище лінії GSE, витримку в печі 2-3 години з наступним охолодженням на повітрі:
а) повне відпалювання; б) нормалізація; в) відпуск?
39. Який процес можна описати графіком зміни температури в часі:
а) плавлення; б) термообробки; в) термохімічної обробки?
40. Як називають відпалювання, коли сталеві виливки нагрівають до температури 1000 – 1100 °С, витримують 10 – 15 год і охолоджують разом з піччю:
а) дифузійне; б) повне; в) рекристалізаційне?
41. Як називається вид термообробки, коли сталь нагрівають до температур, які перевищують температури фазових перетворень, витримку при цих температурах і швидке охолодження:

- а) гартування; б) відпуск; в) відпалювання?
42. Як називають кінцеву операцію термообробки, коли сталь нагрівають нижче температур фазових перетворень, витримують при цій температурі і охолоджують:
а) гартування; б) відпуск; в) відпалювання?
43. Як називають вид термообробки в результаті якої отримують тверду зовнішню поверхню і в'язку серцевину:
а) зовнішнє гартування; б) поверхнєве гартування; в) серцевинне відпалювання?
44. Як називається гартування сталі струмами високої частоти:
а) зовнішнє гартування; б) поверхнєве гартування; в) серцевинне відпалювання?
45. Як називають вид обробки, при якій поєднано термічний і хімічний вплив на зміну складу, структуру і властивості поверхнєвого шару сталі:
а) термічна; б) термомеханічна; в) термохімічна?
46. Як називається процес дифузного насичення поверхнєвого шару сталі атомами різних хімічних елементів при нагріванні:
а) термічна обробка; б) поверхнєва обробка; в) термохімічна обробка?
47. Як називають процес дифузного насичення поверхнєвого шару сталі вуглецем:
а) цементация; б) ціанування; в) борування?
48. Які сталі найдешевші:
а) інструментальні; б) звичайної якості; в) леговані?
49. Яка з наведених сталей є інструментальна:
а) БСт5; б) Сталь 20; в) У10?
50. Яку з наведених сталей поставляють за механічними властивостями:
а) БСт5; б) Ст6; в) ВСт4?
51. Яка з наведених сталей – сталь вуглецева конструкційна звичайної якості:
а) ВСт5; б) Сталь 30; в) У14?
52. Який вміст вуглецю в сталі марки У12:
а), 12%; б) 1,2%; в) 0,12%?
53. Скільки вуглецю містить сталь 08:
а) 8%; б) 0,8 %; в) 0,08%?
54. Як позначають інструментальну сталь, в якій вміст вуглецю 1%:
а) У10; б) Сталь 10; в) У1,0?
55. Яка з позначених сталей є сталь вуглецева конструкційна звичайної якості: а) У10; б) Ст4; в) Сталь 35?
56. Що означає в кінці марки сталі „пс” (Ст3пс):
а) кипляча сталь; б) спокійна сталь; в) наполовину спокійна?

57. Як позначається легована сталь, яка вміщує 0,25% вуглецю, 2% марганцю (Г), 1% кремнію (С) :
а) 25Г2С; б) 25С2Г1; в) 2,5С2Г?
58. Скільки вміщується хрому(Х) у легованій сталі 20Х2С:
а) 2%; б) 0,2%; в) 20%?
59. Що означає літера позначення будівельної сталі С245:
а) сталь; б) будівельна сталь; в) сталь з великим вмістом кремнію?
60. Що означають цифри позначення будівельної сталі С245:
а) вміст вуглецю; б) вміст кремнію; в) міцність?
61. Як називають каталог прокатних профілів:
а) сортамент; б) таблиця; в) перерізи?
62. В яких одиницях вміст легуючих елементів вказує цифра марки сталі:
а) в відсотках; б) в десятих відсотка; в) в сотих відсотка?
63. Яке призначення автоматної сталі:
а) для виготовлення автоматів; б) для виготовлення деталей на станках-автоматах; в) для добавок в піч-автомат?
64. Які деталі роблять з криогенної сталі:
а) які працюють при високих температурах; б) при низьких температурах; в) які працюють при високих тисках?
65. Яке призначення жаростійких сталей:
а) чинити опір окисленню при високих температурах; б) здатність працювати при високих температурах в) піддаватися термообробці?
66. В яких межах знаходиться вуглець в чавуні:
а) 0,8% - 1,47%; б) 2,14% - 6,67%; в) 2,14 - 4,0%?
67. Які переваги чавуну порівняно зі сталлю:
а) підвищені ливарні властивості; б) більш міцніший; в) легко обробляється тиском?
68. Який чавун отримують при повільному охолодженні:
а) білий; б) сірий; в) переробний?
69. Як називають чавун, в якого графітні вклучення мають форму куль:
а) сірий; б) ковкий; в) високоміцний?
70. Якої форми графітні вклучення має ковкий чавун:
а) кулясту; б) пластинчасту; в) пластинок?
71. Що таке латунь:
а) сплав міді з оловом; б) сплав міді з цинком; в) сплав міді з кремнієм?
72. Яке місце за обсягами світового виробництва займає алюміній:
а) перше; б) друге; в) третє?
73. Як називається сплав алюмінію з кремнієм:
а) дюралюмін; б) латунь в) силумін?
74. Як називається сплав алюмінію з міддю:
а) дюралюмін; б) латунь в) силумін?

75. Як називається сплав міді з оловом:
а) дюралюмін; б) латунь; в) бронза?
76. Як називається сплав міді з цинком:
а) бронза; б) латунь; в) силумін?
77. Як маркується бронза, що має такий хімічний склад: 11% алюмінію, 6% заліза, 6% нікелю:
а) БрАжн 11х6Х6; б) БрАЖН 11-6-6; в) Бр 11А6Ж6Н?
78. Як називається в'язкий метал рожево-червоного кольору, який добре проводить електричний струм і тепло:
а) алюміній; б) мідь; в) олово?
79. Який метал має високу питому міцність:
а) алюміній; б) мідь; в) титан?
80. Сплави якого металу знайшли широке застосування в авіації, у ракетно-космічній техніці, в медицині;
а) алюміній; б) магній; в) титан?
81. Що таке мельхіор:
а) сплав міді з нікелем; б) сплав нікелю з хромом; в) інша назва титану?
82. Як називають сплави, що формують з порошків металів, а потім спікають:
а) кермети; б) металокерамічні сплави; в) кераміка?
83. Як називають порошкові сплави металів і неметалів:
а) металокераміка; б) кермети; в) кераміка?
84. Як позначають твердий вольфрамокобальтовий сплав, який містить 92% карбідів вольфраму і 8% кобальту:
а) В92К8; б) ВК8; в) ВК92?
85. Як називають руйнування металу під дією зовнішнього середовища:
а) інгібітори; б) корозія; в) дренаж?
86. Як називається захист трубопроводів, які знаходяться в землі, приєднується метал, що має більш низький потенціал, ніж потенціал труби:
а) катодний; б) анодний; в) протекторний?
87. Що таке металокерамічний сплав:
а) сплав виготовлений з порошків металів; б) сплави отримані з металів і неметалів; в) сплави виготовлені з порошків міді?
88. Як називають порошкові сплави, в порах яких перебувають рідкі мастила:
а) фрикційні; б) антифрикційні; в) фільтрувальні?
89. Що не є бронзою:
а) сплав міді з оловом; б) сплав міді з цинком; в) сплав міді з другими елементами?

Частина 3 СПОСОБИ ВИРОБЛЕННЯ ВИРОБІВ

Змістовий модуль 3

7 ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ

7.1 Основні властивості металів (Навчальний елемент 24)

Цілі

Закінчивши вивчення цього навчального елемента, студент вмiтиме:

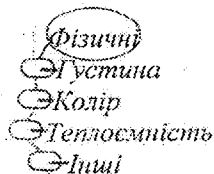
- назначати способи виготовлення металевих виробів в залежності від властивостей металів;
- робити висновки про придатність тих чи інших металів і сплавів для виготовлення деталей.

1. Прикладна наука, що вивчає у взаємозв'язку склад, будову та властивості металів і сплавів, встановлює залежність будови і властивостей від методів виробництва та обробки металів і сплавів, а також зміну їх під впливом механічних, термічних та інших зовнішніх дій на метали, називається металознавством.

2. Властивість (*property, quality*) – це сукупність характеристик металів і сплавів, від яких залежить придатність виготовлення деталей та конструкцій. Одні з них легкі (магній, алюміній, титан), інші важкі (свинець). Олово, свинець - метали, які легко плавляться, а для розплаву заліза або платини необхідно витратити багато енергії. Міцність є одним з головних факторів при виробленні металу для виготовлення деталей, але не всі метали однаково міцні. Розрізняють фізичні, хімічні, механічні та технологічні властивості металів.



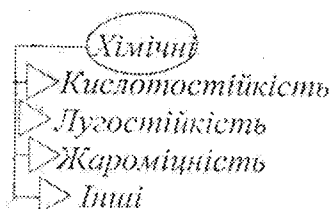
3. Фізичні властивості металів проявляються при дії фізичних явищ, які, діючи на метал, не змінюють його складу. Наприклад, при нагріванні метал розплавляється, але його склад залишається попереднім:



- густина (*solidity, strength*) – величина, яка дорівнює відношенню маси металу до займаного ним об'єму. Наприклад, густина заліза дорівнює 7800 кг/м^3 , алюмінію - 2700 кг/м^3 , свинцю - 11300 кг/м^3 ;

- кольором називається здатність металів відбивати світлові промені, що на них попадають. Промені світла, відбиті від різних металів, діють на органи зору по-різному, що створює відчуття того чи іншого кольору. Наприклад, мідь має рожево-червоний колір, алюміній – білий;
- теплопровідністю (*heat/thermal conductivity*) називають здатність металів проводити тепло. Чим більша теплопровідність, тим швидше тепло поширюється по металу при його нагріванні і віддається ним при охолодженні. Високу теплопровідність мають мідь та алюміній. Залізо, сталь, чавун проводять тепло в 4-6 разів гірше, ніж мідь;
- теплоємність (*thermal/heat capacity*) визначає кількість тепла, необхідного для нагрівання металу на 1 °. Низьку теплоємність мають платина і свинець. Теплоємність сталі і чавуну майже в 4 рази вища теплоємності свинцю;
- плавлення (*melting*) – це процес переходу металу з твердого стану в рідкий. Метали із високою температурою плавлення вважають тугоплавкими (вольфрам, хром, платина), а метали з низькою температурою плавлення належать до легкоплавких (олово, свинець). Наприклад, температура плавлення заліза – 1539 °С, міді – 1083 °С, олова – 2319 °С, вуглецевої сталі – 1420-1520 °С;
- теплове (термічне) розширення означає здатність металу, що нагрівається, збільшувати свої розміри;
- електропровідністю називають здатність металу проводити електричний струм. Хорошими провідниками струму є срібло, мідь, алюміній. Деякі метали і сплави (ніхром) чинять електричному струму великий опір.

4. **Хімічні властивості.** Це здатність металів і сплавів взаємодіяти з навколишнім середовищем, вступати в хімічні сполуки, розчинятися, кородувати, чинити опір дії агресивних середовищ. Найбільш важливі з них – це окислення на повітрі, кислотостійкість, лугостійкість, жароміцність.



5. **Механічні властивості** пов'язані з поняттям про навантаження, деформацію та напруження. Від механічних властивостей металу залежить його поведінка при деформації і руйнуванні під дією зовнішніх сил конструкцій чи деталей. Ці властивості буде детально розглянуто далі, бо саме їм приділена основна увага в цьому розділі:

- теплове (термічне) розширення означає здатність металу, що нагрівається, збільшувати свої розміри;
- міцність (*durability*) – це властивість металів, не руйнуючись, чинити опір дії прикладених зовнішніх сил. Міцність металів характеризується умовною величиною – межею міцності. Межею міцності є навантаження, яке прикладене до зразка в момент розриву, віднесене до площі поперечного перерізу зразка:

- стиснення,



- розтяг,



- кручення,



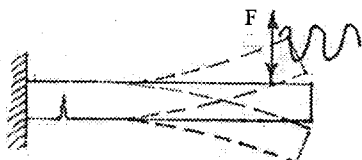
- зріз,



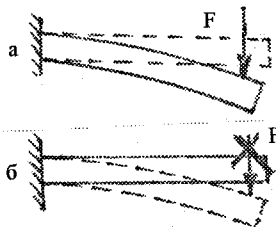
- вигин;



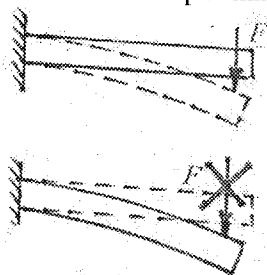
- пружність (*resilience*) – здатність металів змінювати свою форму під дією зовнішніх сил і відновлювати її після припинення дії цих сил. Відношення навантаження, при якому зразок починає мати залишкові подовження, до площі його поперечного перерізу називається межею пружності. Наприклад, межа пружності сталі до 300; міді – 25; свинцю – 2,5 МПа;



- пластичність (*plasticity*) – здатність металів, не руйнуючись, змінювати під дією зовнішніх сил свою форму, після припинення дії сил. Сталь значною мірою пластична, а при нагріванні її пластичність зростає. Цю властивість використовують при одержанні виробів шляхом прокату та кування;



- втомлюваність (*tiredness*) – зміна механічних і фізичних властивостей матеріалів під дією сил, що циклічно змінюються під час напружень та деформацій. В умовах дії таких навантажень в працюючих деталях утворюються і розвиваються тріщини, які призводять до повного руйнування деталей. Подібні руйнування небезпечні тим, що можуть відбуватися під дією напруг значно менших за границі міцності і текучості;

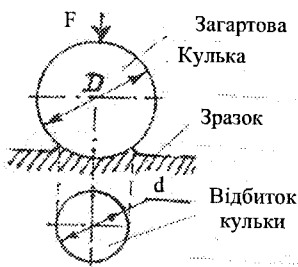


- крихкість (*fragile*) – властивість металу руйнуватись відразу після дії прикладених до нього сил, не показуючи жодних ознак деформації (чавун);

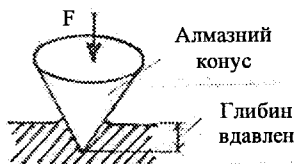


- твердість (*hardness*) – здатність металу чинити опір вдавлюванню в нього іншого, більш твердого матеріалу. Чавун і сталь мають високу твердість, свинець – низьку. Для перевірки твердості металів існує три методи випробування, названих за іменами їх винахідників - Бринеля, Роквелла, Віккерса:

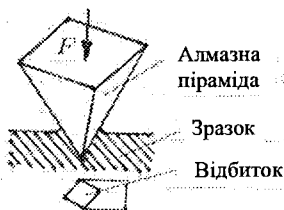
- випробування за способом Бринеля полягає в тому, що в поверхню зразка металу під певним навантаженням вдавлюють сталеву загартовану кульку діаметром 2,5; 5,0; 10 мм. Після вдавлювання зразка на поверхні лишається відбиток кульки. За допомогою спеціального мікроскопа вимірюється діаметр відбитка, а відтак визначається число твердості НВ: відношення прикладеного до кульки навантаження до площі поверхні відбитка називається числом твердості за Бринелем НВ. Числа твердості за Бринелем НВ для вуглецевої сталі – 1300-2800, міді – 300, свинця – 30-80 МПа,



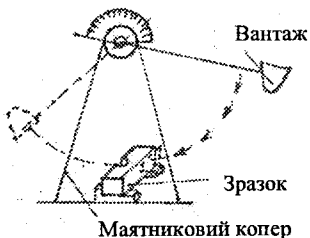
- випробування зразка за способом Роквела (HR) полягає у тому, що за допомогою преса в поверхню зразка вдавлюють алмазний конус з кутом при вершині 120° . Твердість визначається глибиною вдавнення конуса,



- випробування за способом Віккерса (HV) застосовують для вимірювання твердості на невеликих ділянках термічно оброблених металів. В зразок металу за допомогою преса вдавлюють правильну чотиригранну алмазну піраміду з кутом при вершині 136° ;

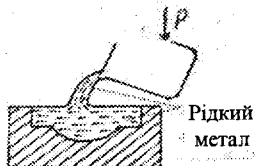


- ударна в'язкість – здатність металів не руйнуватись при дії на них ударних навантажень. Ударна в'язкість визначається за допомогою маятничого копра. Зразок стандартної форми встановлюють в опорах і руйнують падаючим з висоти вантажем.

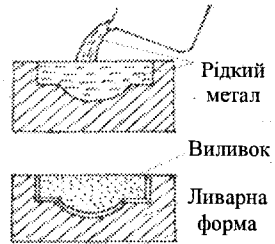


6. Технологічні властивості визначають здатність металів отримувати ту чи іншу обробку. До технологічних властивостей металів належать: ковкість, рідкотекучість, усадка, обробка різанням, зварюваність:

- ковкістю (*malleable*) називається здатність металів не руйнуючись приймати потрібну форму під дією зовнішніх сил. Сталь у нагрітому стані має хорошу ковкість;



- рідкотекучістю (*seldom-fluidity*) називається здатність розплавлених металів заповнювати ливарні форми. Високу рідкотекучість має сірий чавун, низьку – мідь;



- усадкою (*shrinkage*) називається здатність розплавлених металів зменшувати свій об'єм при охолодженні. Ця властивість має значення в ливарній справі. Моделі виливків виготовляють з урахуванням усадки, тобто більших розмірів ніж розміри виливка. Крім того, усадка призводить до утворення тріщин у виливках. Найменшу усадку мають сірий чавун, цинкові і алюмінієві сплави;

- обробка різанням – це здатність металів піддаватися дії різальних інструментів. Зважаючи на меншу твердість, деякі кольорові метали легше обробляти різанням, ніж чорні;



- зварюваністю називається здатність металів міцно з'єднуватися шляхом розплавлення місця з'єднання. Добре зварюються сталі з низьким вмістом вуглецю. Чавун і сплави кольорових металів зварюються значно складніше.



Контрольні запитання

1. Як називають властивість матеріалів чинити опір зовнішнім силам?
2. Що таке твердість? Густина?
3. В чому полягає суть способу визначення твердості металу за Бринелем?
4. Як перевіряють твердість металів способом Роквелла?
5. Що характеризує технологічні властивості матеріалів?
6. Назвіть відомі вам види навантажень, які діють на деталі.
7. Назвіть основні технологічні властивості металів.
8. Які властивості відносять до фізичних?

7.2 Технічні проби металів (Навчальний елемент 25)

Цілі

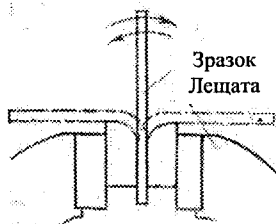
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- призначення технологічних проб металів, сплавів та виробів із них;
- поняття про види технологічних проб металу і способи їх виконання;

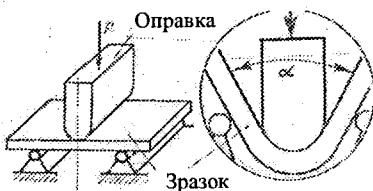
1. Метали і сплави мають різні властивості, а не знаючи властивостей, не можна зробити висновок про їх використання. Властивості металів визначають за сертифікатами, паспортами і за результатами лабораторних випробувань, які називаються технологічними пробами.

2. Технологічними пробами визначають здатність металів або виробів витримувати той чи інший вид обробки. Проби можуть бути проведені безпосередньо на робочому місці найпростішими приладами та інструментами.

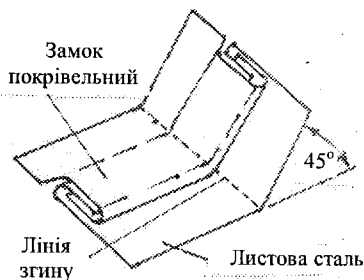
3. Пробу на перегин застосовують для визначення здатності штабового та листового металу товщиною до 5 мм, дротів діаметром до 7 мм витримувати, не руйнуючись, повторні згини. Зразок певної довжини затискають у лещатах і піддають згину та повторним перегином на кут 90° до повного руйнування.



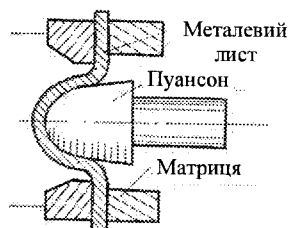
4. Пробу на вигин проводять для визначення здатності металу приймати згин в холодному і нагрітому стані. Для проведення проби на вигин зразок за допомогою оправки вигинається під дією зусилля преса між роликками до заданого кута. Здатність матеріалу витримувати деформацію вигину характеризується заданим кутом згину. Вважається, що зразок витримав випробування, якщо після згину на ньому не з'явилися тріщини, надриви чи розшарування.



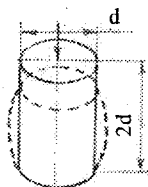
5. Проба на подвійний покрівельний замок служить для визначення здатності тонколистової сталі товщиною не менше 0,8 мм сприймати деформацію, задану за розмірами і формою. Після з'єднання двох шматків листа подвійним замком з наступним загином по лінії, яка перпендикулярна до лінії замка, на кут 45° і розгинають в площину. Після випробування не повинно бути відшарувань, тріщин і зламів.



6. Пробу видавлюванням проводять для випробування тонколистового металу, призначеного для холодного штампування і витягування. На закріпленій пластинці металу, що випробовується, між пуансоном і матрицею видавлюється ямка. Ямку видавлюють до появи на її поверхні першої тріщини.

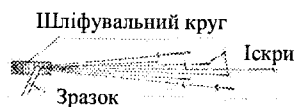


7. Пробою на осадку випробують дроти, з яких виготовляють болти і заклепки. Зразок металу повинен мати форму циліндра, висота якого у два рази перевищує діаметр. Пробою визначають здатність металу приймати задану форму при стисненні під навантаженням у холодному стані. Зразок витримав пробу, якщо при осіданні до заданої висоти на ньому не з'явилися тріщини, надриви або злом.

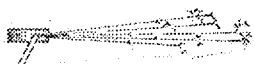


8. Проба на іскру дозволяє приблизно визначити хімічний склад (марку) сталі. При обробленні сталі шліфувальним кругом на заточувальному верстаті утворюються іскри. Кожна марка сталі має свій колір і форму іскри :

- сталь зі складом вуглецю від 0,15 до 0,20% має іскри у вигляді тонких солом'яно-жовтих ліній ;



- сталь зі складом вуглецю від 0,45 до 0,50% має іскри у вигляді тонких світло-жовтих ліній із невеликою кількістю зірочок на кінцях;



- інструментальна вуглецева сталь У8 має довгі світло-жовті іскри з великими зірочками на кінцях;



- інструментальна сталь У12 має короткий сніп тонких світло-жовтих ліній з частими зірочками;



- марганцевиста сталь (10 – 14 % Mn) має тонкі і довгі світло-жовті лінії з великими зірками;



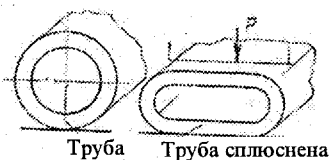
- хромиста сталь – блідо-жовті переривчасті лінії з великими рідкими зірочками;



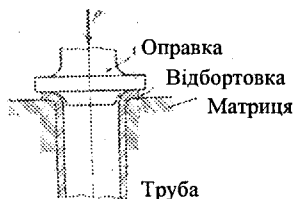
- швидко-ріжуча сталь (10 – 18 % W) має темно-червоні переривисті лінії з кулеподібними закінченнями;



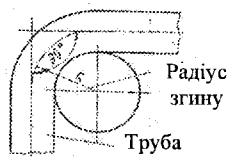
9. Пробу труб на сплющування застосовують для визначення здатності металу сприймати деформації при сплющуванні труб до певного розміру. Наприклад, сталеву трубу випробовують шляхом ударів молотком до тих пір, доки відстань між стінками труби дорівнюватиме двом товщинам стінки.



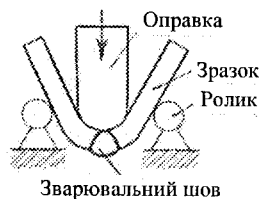
10. Проба труб на бортування являє собою відбортовку кінця труби на кут 90° з утворенням фланця товщиною не менше півтори товщини стінки труби. Випробування проводять за допомогою оправки. Радіус заокруглення оправки повинен дорівнювати двом товщинам стінки труби.



11. Проби труб на згини служать для визначення їх здатності проїмати вигин, заданий за розмірами. Радіус згину визначають у залежності від зовнішнього діаметра і товщини стінки труби. Для випробування трубу вигинають на кут 90° . При випробуванні труба не повинна мати надривів, тріщин і відшарувань.



12. Пробу на зварюваність проводять для визначення здатності металів зварюватись. Дві пластинки зварюють і піддають випробуванню на згин для визначення в'язкості шва. Характеристикою є кут згину шва.



Контрольні запитання

1. З якою метою проводять технологічні проби металів?
2. Яким чином і навіщо випробовувати штабовий метал на перегин?
3. Як проводять пробу на подвійний покрівельний замок? Для якого матеріалу проводять цю пробу?
4. Як проводять іскрову пробу сталі і що за допомогою неї можна визначити?
5. Як і для чого застосовують пробу сталевих труб на бортування і сплющування?
6. Як випробовують сталеві труби на згин?
7. За якими ознаками бракують труби при їх технологічних пробах?

8 ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ

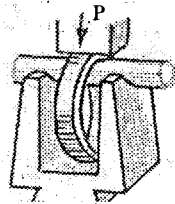
8.1 Суть обробки металів тиском. (Навчальний елемент 26)

Цілі

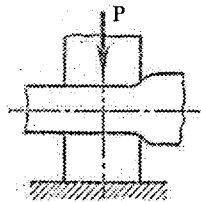
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення обробки металів тиском;
- фізико-механічні основи обробки металів тиском;
- фактори, які впливають на пластичність металу;
- основні способи обробки металів тиском.

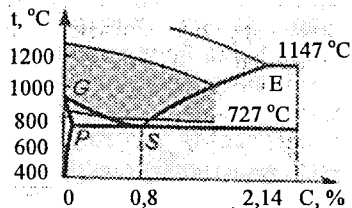
1. Обробка металів тиском – це технологічний процес отримання фасонних деталей і заготовок у спосіб пластичного деформування металу в гарячому та холодному стані. При цьому використовують таку властивість металу як пластичність. Обробка металів тиском – один з найпоширеніших, найпродуктивніших і найдешевших методів виготовлення заготовок (деталей) різної маси та розмірів з металів та сплавів.



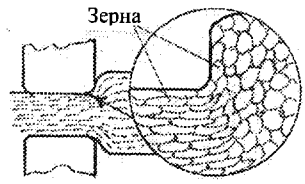
2. Обробка металів тиском можлива завдяки їх пластичності – здатності під дією прикладених сил приймати, не руйнуючись, змінену форму. Найпоширеніший механізм пластичної деформації – ковзання, зсув однієї частини кристала відносно іншої під дією дотичних напружень.



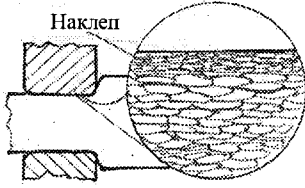
3. Не всі метали однаково пластичні і різною мірою піддаються обробці тиском. Такі метали як мідь, алюміній, свинець, титан мають добру пластичність, а, отже, легко піддаються обробці тиском. Сталь менш пластична, і тому, щоб підвищити її пластичність і полегшити обробку тиском, сталь нагрівають. Температурний інтервал обробки вибирають за діаграмою стану, оскільки сталь залежить від вмісту в ній вуглецю.



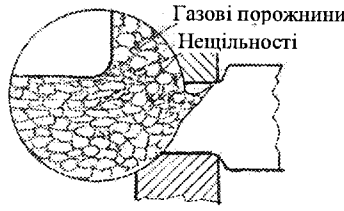
4. Холодне деформування відбувається при температурах, нижчих від температури рекристалізації, тому воно супроводжується видовженням зерен, збільшенням насичення дефектів, що підвищує міцність, пружність та твердість металу (явище наклепу). Холодне деформування сприяє підвищенню якості поверхні та міцності металу.



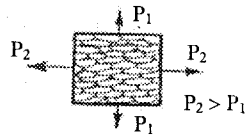
5. Наклеп металу не завжди буває корисним, бо твердий і міцний метал важко обробляти. Для полегшення подальшої обробки металу наклеп усувають шляхом відпалювання. В результаті відпалювання міцність і твердість поверхневого шару металу знижується, що важливо для подальшої обробки металу.



6. Гаряча обробка металів тиском має ряд позитивних якостей: складові частини металу розподіляються більш рівномірно, ніж до обробки; зменшуються розміри зерен, що приводить до поліпшення механічних властивостей; метал стає більш щільним внаслідок зварювання та спресовування газових порожнин і нещільностей.

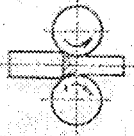


7. Сталь, оброблена тиском, має волокнисту будову. Механічні властивості такої сталі вздовж волокон кращі, ніж властивості сталі упоперек волокон. Це пояснюється тим, що при обробці тиском волокна перерозподіляються відповідно до форми деталі.

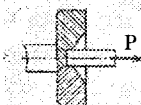


8. Для отримання деталей та заготовок метали обробляють тиском такими способами:

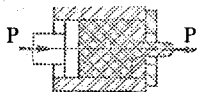
- прокатування (*rolling*) – це обробка металу тиском, за якої заготовка обтискується валками прокатного стану, що обертаються;



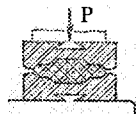
- волочіння (*wire-drawing*) – це процес протягування заготовок крізь отвір, що поступово звужується;



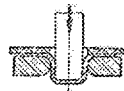
- пресування (*pressing*) - видавлювання металу із замкненого об'єму крізь калібрувальний отвір (*accurate*);



- кування (*smiting*) – це надання металу необхідної зовнішньої форми з метою отримання заготовки ударними інструментами;



- штампування (*punching*) – це спосіб отримання поковок за допомогою штампів.



Контрольні запитання

1. Що таке пластичність, і в чому її суть?
2. В чому суть обробки металів тиском?
3. У чому різниця між холодною і гарячою обробкою металів тиском?
4. Що таке наклеп, і в чому його суть?
5. Яку має структуру метал оброблений тиском?
6. Які існують способи обробки металів тиском?

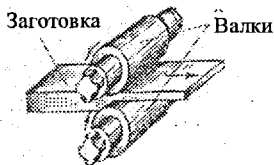
8.2 Прокатування (Навчальний елемент 27)

Цілі

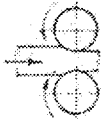
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення суті прокатування;
- будову та призначення гладких і каліброваних валків;
- схему будови прокатного стану;
- основні профілі сортового прокату.

1. Прокатуванням (*rolling*) називають такий вид обробки металів тиском, коли гарячу заготовку обтискують між обертальними валками (*rollers*), які її пластично деформують, зменшуючи площу поперечного перерізу й збільшуючи довжину. Прокатування є найпродуктивнішим видом обробки металу і цим способом обробляють близько 90 % виплавленої сталі на металургійних заводах. Основні способи прокатування:



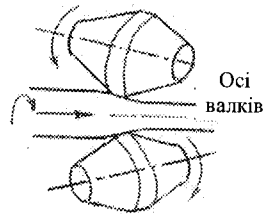
- поздовжнє, коли заготовка переміщується перпендикулярно до осей валків, що обертаються у протилежних напрямках;



- поперечне, коли валки (не два, а три) з паралельними осями обертаються в одному напрямку й обертають заготовку, яка переміщується вздовж осі валків;



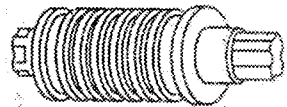
- поперечно-гвинтове прокатування здійснюється за допомогою валків, що обертаються в одному напрямі й розташовані під кутом один до одного. Таке розташування валків забезпечує виникнення осьового зусилля, яке переміщує заготовку.



2. Інструментом для прокатування є валки, які виготовляють з чавуну або сталі. Елементами валка є робоча частина (бочка), дві шийки як опори для підшипників, і два тріфи для з'єднання валка приводом. Для вальцювання листів, стрічок або штрипсів використовують гладкі вали.



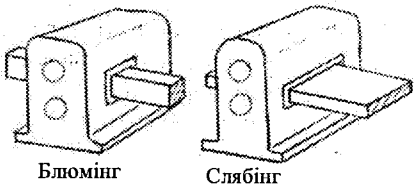
3. Калібровані валки використовують для прокатування сортового металу. Бочки валків мають виточені кільцеві заглибини спеціального профілю – рівчачки. Контур, утворений сукупністю двох рівчачків, називають калібром. Контур калібру геометрично подібний до поперечного перерізу вальцьованого металу.



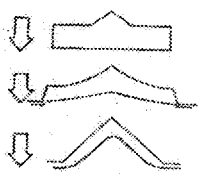
4. Прокатний стан складається з робочої кліти, шестеренної кліти, редуктора і електродвигуна. Робоча кліть має станину, валки та механізм зміни відстані між валками.



5. Спочатку заготовка йде до обтискних станів, які призначені лише для зменшення перерізу прокатного металу. До обтискних станів належать блюмінги та слябінги. Це великі обтискні реверсивні двовалкові стани, на яких в гарячому стані зі зливків отримують напівфабрикати квадратного або прямокутного перерізу. Із блювів у подальшому вальцюють заготовки, що йдуть на виготовлення сортової сталі, а зі слябів виготовляють листовий прокат.



6. Потім на сортових станах заготовки по чергово пропускають крізь низку калібрів, що поступово формують заданий профіль (*profile*). Форма чистового калібру точно відповідає формі готового прокату.

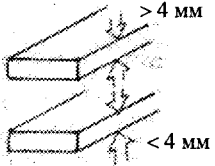


7. Сортамент прокату можна розділити на сортову сталь, листову сталь, спеціальні види прокату і труби. В свою чергу сортову сталь можна розділити на:

- профілі масового використання: кругла, квадратна, штабна, кутова, швелери, двотаври, дріт;
- профілі спеціального призначення: рейки, шпунти та інші профілі, що використовуються в будівництві та машинобудуванні.



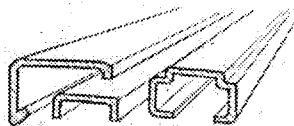
8. Листова сталь (*slab steel*) має дуже широке застосування і в залежності від товщини поділяється на товстолистову (товщиною більше 4 мм) і тонколистову – листи товщиною до 4 мм.



9. До спеціальних видів прокату відносять профілі змінного поперечного перерізу по довжині, наприклад, арматурну сталь (*reinforcing steel*). Такий прокат відрізняється від звичайного тільки формою чистового калібру.



10. Гнуті профілі отримують шляхом холодного згину сталевго листа або стрічки. У будівництві використовують гнуті профілі у вигляді швелерів, деталей таврового перерізу. Ефективно використовувати гнуті профілі в огорожувальних будівельних конструкцій.



Контрольні запитання

1. Що таке прокатування, і в чому його суть та переваги?
2. Які основні види прокатування використовують?
3. На які види поділяють валки?
4. На які види сортаменту поділяють прокат?
5. З яких елементів складається прокатний стан?
6. В чому суть виготовлення гнутих профілів?

8.3 Суть волочіння (Навчальний елемент 28)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення волочіння;
- суть волочіння;
- обладнання для волочіння;
- сортамент профілів.

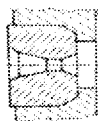
1. Волочінням (*wire-drawing*) називають такий вид обробки металів тиском, коли заготовку (часто в холодному стані) протягують крізь отвір у матриці, поперечний переріз якого менший за поперечний переріз заготовки. Найпоширеніший виріб, що отримують шляхом волочіння – дріт (проволока) (*wire*). Вироби після волочіння мають точні розміри, задану геометричну форму, чисту та гладку поверхню.



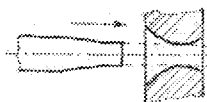
2. Інструментом для волочіння є волока (*drag*), яка має робочий отвір, що складається з чотирьох зон: вхідної або мастильної 1, деформованої 2, калібрувальної (очко) 3 та вихідної 4. Зазвичай калібрувальна зона має циліндричну форму, решта – конічні. Кут між твірними конуса деформованої зони залежить від властивостей матеріалу та типу заготовки.



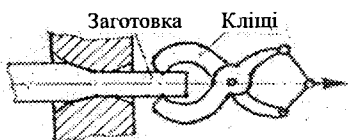
3. Виготовляють волокни з інструментальних сталей твердих сплавів, а для волочіння тонкого дроту – з технічних алмазів.



4. До початку волочіння кінець заготовки загострюють з таким розрахунком, щоб він вільно входив в очко і виходив із нього з протилежної сторони.



5. Потім цей кінець захоплюють тяговим механізмом волочильного станка, який протягує заготовку через волоку. Унаслідок пластичного деформування заготовка поступово наближається до профілю калібрувальної зони, зменшуючи свою площу поперечного перерізу і відповідно збільшуючи довжину. Волочіння здійснюють за кілька проходів.



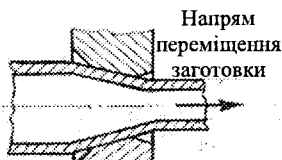
6. Контактні поверхні волокни та заготовки змащують мильним порошком, графітом, водяною емульсією на основі мила й оливи тощо.



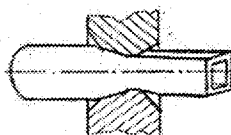
7. Волочінням отримують дріт діаметром 0,002...10 мм, калібровані прутки та фасонні профілі.



8. Волочінням виготовляють холоднотягнені труби, зменшуючи їх діаметр або одночасно діаметр і товщину стінки і зміцнюючи метал.



9. А також змінюють профіль труби з круглого на квадратний, прямокутний, шестикутний чи фасонний.



Контрольні запитання

1. Що таке волочіння, і в чому його суть?
2. Як називається основна продукція волочіння?
3. З яких зон складається волока?
4. Для чого використовують змащувальні речовини при волочінні?
5. З чого виготовляють волокни?
6. Які вироби отримують волочінням?

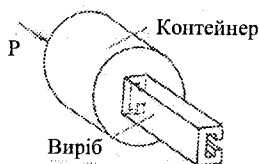
8.4 Пресування (Навчальний елемент 29)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення суті пресування;
- обладнання для пресування;
- сортаменти профілів пресування.

1. Пресування (*pressing*) – це такий вид обробки тиском, коли метал видавлюється із замкнутої порожнини (контейнера) крізь калібруваний отвір, що відповідає перерізу отриманого виробу.

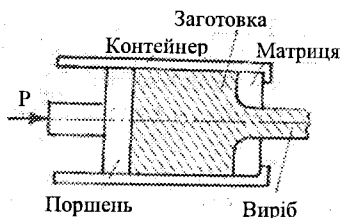


2. Пресуванням виготовляють суцільні й порожнисті вироби простого та складного профілю з алюмінію, міді, титану, цинку та їх сплавів, а також з вуглецевих і легованих сталей.

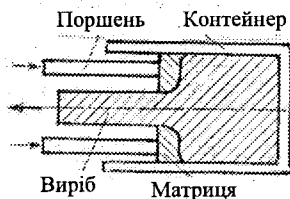


Пресування інколи є єдиним способом виготовлення виробів складного профілю.

3. Пресування виконують як у гарячому, так і в холодному стані двома методами: за прямого пресування напрямок виходу металу крізь отвір в матриці збігається з напрямком руху пуансона.



4. За зворотного пресування напрямок виходу металу крізь отвір у матриці збігається з напрямком руху пуансона.



5. Щоб виготовити порожнистий виріб (трубу) до прес-шайби прикріплюють сталеву голку. Під час робочого руху прес-шайби метал заготовки витісняється в порожнину між матрицею і голкою, утворюючи трубу.



6. Щоб зменшити тертя, на поверхню заготовки та прес-форми наносять мастила (графітову пасту, рідке скло та інші).

7. Перспективним є метод гідростатичного пресування, коли на заготовку, розміщену із зазором у контейнері, з усіх боків діє рідина під високим тиском, яка одночасно є мастилом.



Контрольні запитання

1. Що таке пресування і в чому його суть?
2. В чому відмінність пресування від волочіння?
3. Які вироби отримують пресуванням?
4. Які розрізняють методи пресування?
5. Чим відрізняється пряме пресування від зворотного?

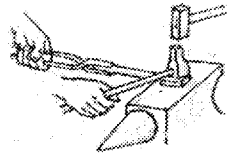
8.5 Суть кування (Навчальний елемент 30)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

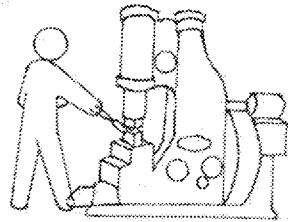
- визначення кування і в чому його суть;
- обладнання та інструмент для кування;
- основні операції кування.

1. Кування (*smithing*) – це вид обробки металів тиском, коли по нагрітій заготовці наносять удари, або діють на неї постійним зусиллям, в результаті чого заготовка набуває необхідної форми, яку потім зберігає.



2. При куванні утворюються вироби або заготовки, які називають поковками. Поковка відрізняється від деталі припуском. Куванням одержують вироби відносно простої форми, що не потребує значної обробки різанням. Перед куванням метал нагрівають до температури 900-1050 °С.

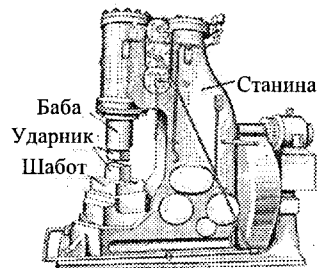
3. В ковальсько-пресовому виробництві розрізняють на вільне кування (*free smith*) і кування в штампах (*punch*) (див. розділ "Штапування"). Вільне кування виконують за допомогою плоских бойків і допоміжного інструмента, під ударами яких метал деформується і змінює свої розміри. Вільне кування здійснюють на приводних молотах і вручну. Залежно від цього виконуються різні операції з використанням відповідного інструмента: ударами бабки молота (для поковок більших типорозмірів);



4. Вільне кування інколи виконують вручну за допомогою ручного ударного інструмента. Виконують дві людини: коваль і молотобоець. Коваль відносно малим молотком (ручником) б'є по заготовці, указуючи молотобійцю місце і силу удару. Молотобоець кувальною наносить удари по заготовці, деформуючи її.

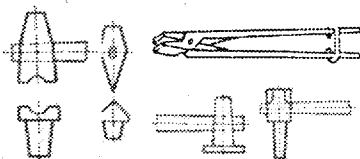


5. Пароповітряний ковальний молот (*smith hammer*) складається зі станини, на якій змонтовано робочий циліндр. У циліндрі переміщається поршень зі штоком (*rod*). До нижнього кінця штока прикріплюється баба, до якої закріплений ударник, який пересувається вгору – вниз. Нижній ударник закріплений на масивному



шаботі. Рухомі частини переміщуються вгору парою або стисненням повітрям, а вниз під дією власної маси, ударяючи по заготовці.

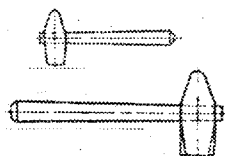
6. При вільному машинному та ручному куванні використовують різні пристосування, такі як: гладилки, обтискачі, ковальські зубила пробійники. Для утримання і повертання заготовки на кувалді використовують ковальські кліщі (*smith pincers*).



7. Ковальські операції при ручному куванні виконують на ковалді, як а має виступ для згину металу і отвір, на який накладають заготовку при пробиванні в ній отвору.



8. При ручному куванні застосовують кувалди (*sledge-hammer*) та ручники, якими наносять легкі удари по заготовці, щоб зазначити молотобійцю місце удару кувалдою.

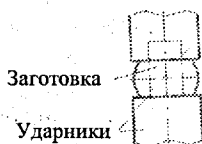


9. Виконуючи в певній послідовності прості операції кування та використовуючи названий ковальський інструмент, одержують виробу складної конфігурації. Основними операціями процесу кування є:

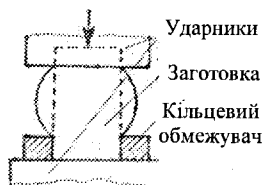
- протягування (видовження) – це збільшення довжини заготовки за рахунок зменшення її поперечного перерізу;



- осадка (*immersion*) – це збільшення поперечного перерізу заготовки за рахунок зменшення її висоти;



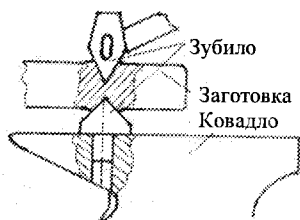
- висадка використовується для одержання поковки з потовщенням на кінці або на середині заготовки;



- прошивка – це одержання в заготовці наскрізного отвору або заглиблення;



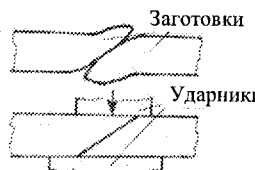
- рубання (*hewing*) – відокремлення однієї частини заготовки від іншої. Рубання матеріалу проводять ковальськими зубилами, заготовку по розмічувальній лінії укладають на підсічку, установлену в гнізді ковадла;



- згинання та скручування металу здійснюють з використанням різних пристроїв. Скручування – повертання однієї частини заготовки відносно іншої на заданий кут.



10. Ковальським зварюванням з'єднують дві заготовки або два кінці однієї заготовки, попередньо нагрівши місце зварювання під шаром флюсу.



11. Передача металу зводиться до переміщення однієї частини заготовки відносно іншої.

Контрольні запитання

1. Що таке кування і в чому його суть?
2. В чому відмінність кування від штампування?
3. Назвіть основні операції кування.
4. Обладнання та інструмент кування.
5. Які вироби отримують куванням?
6. Назвіть основний інструмент кування.

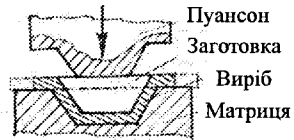
8.6 Штампування (Навчальний елемент 31)

Цілі

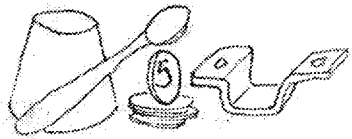
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення штампування і в чому його суть;
- види штампування;
- обладнання та інструмент для штампування;
- основні операції штампування.

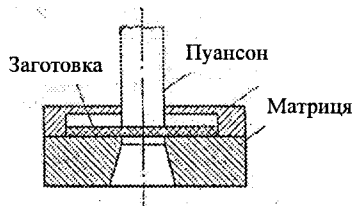
1. Штампування (*punching*) – це процес деформації металу в штампах, який обмежує розтікання металу в різні боки під час деформування. Розрізняють об'ємну і листову штамповку металу в нагрітому і холодному стані.



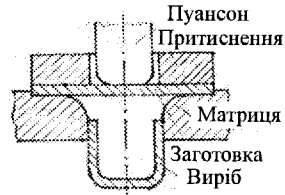
2. Листове штампування – один із розповсюджених способів отримання деталей з листового матеріалу. Таке штампування можна здійснювати з нагріванням, проте найпоширенішим є холодне штампування. Листовим штампуванням виготовляють втулки, посуд, монети, гільзи, облицювання автомобілів, автобусів, літаків тощо.



3. Вирізуванням називається відокремлення від заготовки частини матеріалу у вигляді виробу по замкнутому зовнішньому контуру. Для цього використовують штамп. Заготовку в вигляді стрічки установлюють між пуансоном і матрицею, які виконують роль ножів, прикріплюють до верхньої та нижньої плит штампа. Пуансон, опускаючись вниз, своїми гострими краями відокремлює деталь і проштовхує її в отвір матриці.

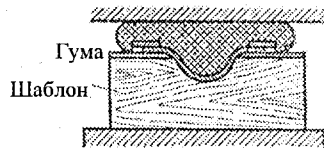


4. Витяжка – це виготовлення з листової заготовки порожнистої просторової деталі. Заготовку кладуть на матрицю із заокругленими краями і затискають притискним кільцем. Після опускання пуансона, що теж має заокруглені краї, він зтягує заготовку в зазор між пуансоном і матрицею. Притискне кільце запобігає утворенню складок на краях деталі.

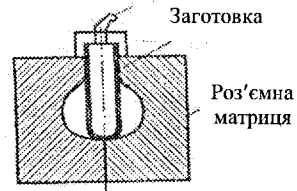


5. У малосерійному виробництві використовують листове штампування у відносно нескладних штампах:

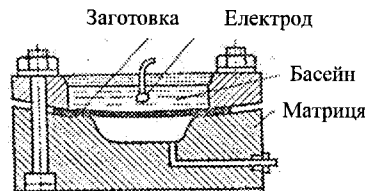
- штампування гумою: лист розміщується на шаблоні, а повзуном преса притискають шар гуми (*rubber*), надаючи заготовці рельєф шаблону;



- штампування рідиною або газами: отримують пустотілі вироби, наприклад, при перетворенні стаканоподібної заготовки в кулеподібну, заготовка поміщається в роз'ємну матрицю, і через прийомний канал подається під тиском рідина або газ;



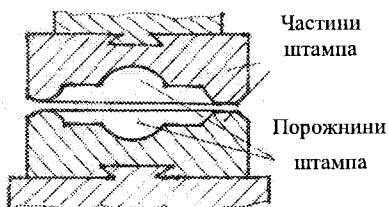
- при штампуванні вибухом (*explosion*) на матрицю укладається заготовка, яка закріплюється притискним кільцем до басейна за допомогою гвинтів. Завдяки вибуху відбувається формування заготовки в матриці.



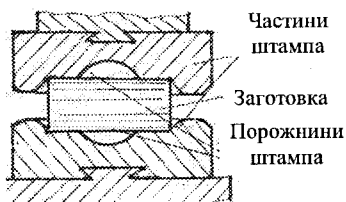
6. Гаряче листове штампування застосовують для матеріалів недостатньо пластичних або для таких, що товстіші за 6 мм. З нагріванням виготовляють деталі корпусів корабля, днище цистерн тощо.



7. Об'ємне штампування – це такий спосіб обробки металів тиском, внаслідок якого заготовка, поміщена в робочу порожнину штампа, пластично деформується, набуваючи конфігурації та розмірів порожнини.



8. Штмп складається з двох роз'ємних частин, які в складеному вигляді створюють одну чи декілька внутрішніх порожнин, що називаються рівчачками. Конфігурація робочої порожнини такого штампа геометрично подібна до конфігурації заготовки, яку виймають з печі і кладуть в нижню частину штампа, а верхньою частиною обтискають заготовку, внаслідок чого заготовка набуває конфігурацію порожнини штампа.



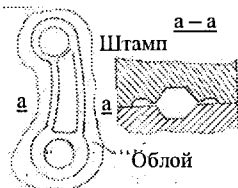
9. Вироби складної конфігурації виготовляють у штампах, що мають багато рівчачків. У них заготовку послідовно деформують у кожному рівчачку, наближаючи її форму й розміри до форми й розмірів виробу.



10. Об'ємне гаряче штампування виконують двома способами: у відкритих і закритих штампах. У першому випадку одержують поковку, коли у місці роз'єднання половинок штампа зроблено спеціальний рівчак, куди витісняється надлишковий метал заготовки через вузьку щілину, утворюючи облой. Вузька щілина заважає виході металу в рівчак і сприяє доброму заповненню порожнини металом.



11. Облой відокремлюють на обрізних штампах, які обрізають облой безпосередньо після операції штампування



Контрольні запитання

1. Що таке штампування і в чому його суть?
2. Чим відрізняється штампування від кування?
3. Які існують види штампування?
4. Що таке штампування в відкритих штампах?
5. Які вироби отримують штампуванням?

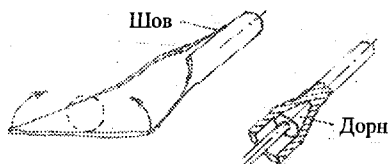
8.7 Виготовлення сталевих труб (Навчальний елемент 32)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- способи виготовлення труб;
- вихідний матеріал для виготовлення труб;
- обладнання для виготовлення труб.

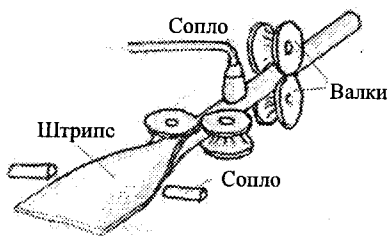
1. За способом виготовлення сталеві труби поділяють на зварні (зі швом) і безшовні (суцільно-тягнуті). Зварні труби значно дешевші за безшовні, проте поступаються їм у міцності. Їх застосовують для відносно низьких тисків.



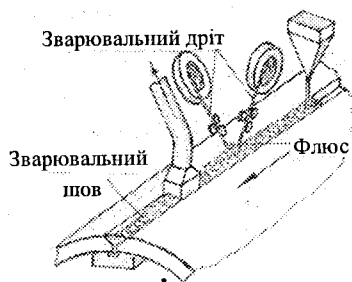
2. Як заготовку для зварних труб використовують в рулонах стрічку або спеціальні прокатні полоси (штрипси) завширшки з окружності труби.



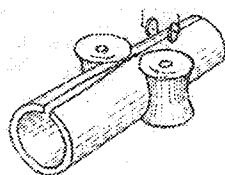
3. В процесі безперервного пічного зварювання труб штрипс проходить через піч, нагрівається до 1300-1340 °С. Після виходу з печі штрипса, його кромки обдуваються повітрям із сопел. В результаті хімічних реакцій в залізі кромки розігріваються до температури 1400 °С і звільняються від окалини при обдуванні. Потім труба формується первинними формувальними і вторинними валками. Перед стисненням на вторинних валках кромки штрипса нагріваються до температури 1500 °С завдяки обдуванню кромки повітрям, що поступає із сопла.



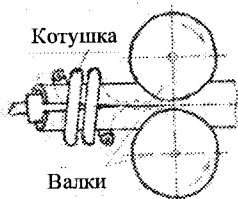
4. Дугове електрозварювання сталевих труб полягає в тому, що після формування труби з листа у місця з'єднання кромки автоматично подається електродний дріт, а місце зварювання покривається шаром флюсу для захисту металу шва від шкідливої дії повітря. Між трубою і електродним дротом виникає електрична дуга, яка розплавляє дріт і оплавляє зварювані кромки. Розплавлений метал заповнює стик між кромками, виступає і утворює шов.



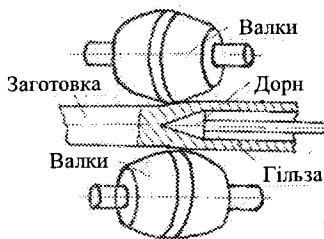
5. Роликове електроконтактне зварювання труб полягає в тому, що зі сталеві стрічки (*steel wire*) попередньо скручують трубу. Кромки стрічки щільно прилягають одна до одної. У спеціальному стані між кромками пропускають електричний струм великої сили, місце стику кромки нагрівається і під тиском роликів кромки зварюються. Для нагрівання використовується тепло, що виділяється у стикові, який чинить струму найбільший опір.



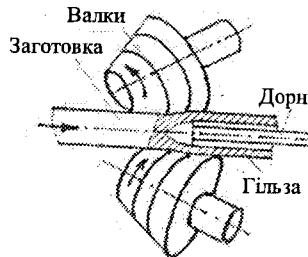
6. Зварювання струмом високої частоти, коли із сталеві стрічки попередньо скручують трубу, а потім кромки трубної заготовки розігрівають до пластичного стану за допомогою індукційної котушки. Кромки стикового з'єднання зварюються за рахунок стиснення трубної заготовки валками.



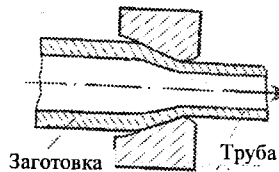
7. Безшовні гарячекатані (гаряче деформовані) труби виробляють прокатуванням. Круглу заготовку нагрівають до білого жару і пропускають через прошивний стан, де утворюють (прошивають) наскрізну порожнину за допомогою валків і спеціальної оправки (дорна). На спеціальному стані отриману гільзу в нагрітому стані розкатують в трубу декілька разів, поки внутрішній діаметр і товщина стінки не набудуть необхідних розмірів.



8. Безшовні холоднокатані (холоднодеформовані) труби отримують так само, як і гарячедеформовані, шляхом прокату, але без підігрівання заготовок. Заготовкою для отримання холоднокатаних є гарячекатані труби.



9. Безшовні холоднотягнуті труби отримують із гарячекатаних труб шляхом холодного волочіння. При волочінні труби її протягують через кільце (волоку). При цьому діаметр труби зменшується до відповідного розміру, а якість поверхні труби покращується.



Контрольні запитання

1. Які існують основні способи виготовлення труб?
2. Як називаються прокатні стрічки для виготовлення труб?
3. Поясніть суть пічного зварювання труб.
4. Для чого використовують дорн при виготовленні безшовних труб?
5. Чим відрізняються труби гаряче катані від холоднокатаних?
6. З якою метою протягують холоднотягнуті труби через волоку?

9 ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

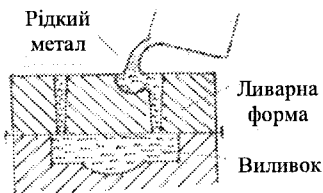
9.1 Сутність ливарного виробництва (Навчальний елемент 33)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- елементарні відомості про отримання виливків;
- основні матеріали ливарного виробництва;
- особливості конструювання виливка.

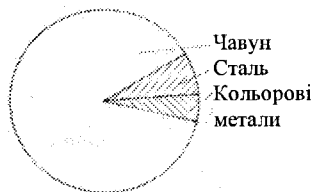
1. Ливарне виробництво - це процес одержання виробів шляхом заливання рідкого металу в ливарну форму (*foundry*), порожнина якої за розміром і конфігурацією відповідає деталі. Виріб, отриманий шляхом лиття, називається виливком.



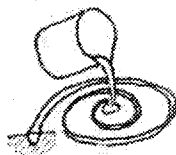
2. Лиття - найбільш економічний спосіб обробки металів. Шляхом лиття можна одержати виріб будь-якої форми і майже з усіх металів. В багатьох випадках виготовити потрібні деталі можливо тільки литтям, особливо складної конфігурації, які куванням, штампуванням, зварюванням одержати важко або неможливо. Серед заготовок, які використовують у машинобудуванні, виливки за сумарною масою посідають друге місце після зварювання.



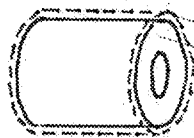
3. Основними матеріалами для лиття є чавун, сталь, сплави на основі алюмінію, міді, магнію, цинку, титану та ін. Поміж ливарних сплавів найпоширенішим в світовому масштабі є чавуни (до 80%). До ливарних металів ставлять певні вимоги: вони повинні мати невисоку температуру плавлення, хорошу рідкотекучість, малу усадку, незначну газовбираність тощо.



4. Рідкотекучістю називають здатність розплавленого металу добре наповнювати порожнину ливарної форми й точно відтворювати виливком конфігурацію цієї порожнини. Рідкотекучість залежить від температури й хімічного складу сплаву виливка.

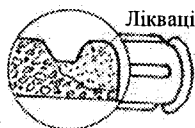


5. Усадка – це зменшення розмірів виливка під час охолодження від температури заливання аж до кімнатної. На її значення впливають хімічний склад і температура заливання металу в форму. З підвищенням температури заливання усадка зростає.



Гаряча деталь
Холодна деталь

6. Ліквіація спричиняє хімічну неоднорідність в різних зонах виливка. На ліквіацію впливають хімічний склад сплаву та швидкість його охолодження.

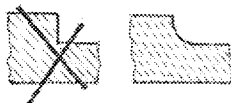


Ліквіація

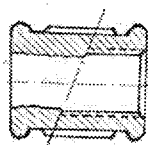
7. Ливникова система призначена для наповнення розплавленим металом порожнини ливарної форми, затримування шлаку й живлення виливка металом під час кристалізації.



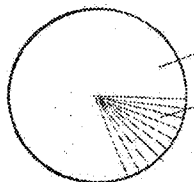
8. Конструюючи виливок, вибирають раціональну конфігурацію і визначають оптимальні розміри виливка, уникають раптових змін товщини стінок та різких переходів між спряженими поверхнями.



9. Під час конструювання виливку враховують припуск на механічну обробку – це додатковий шар металу, який видаляють в процесі механічної обробки. Припуск на механічну обробку визначають з урахуванням жолоблення, неточності виготовлення, а також ливарної усадки виливка.



10. Приблизно чотири п'ятих всіх виливків отримують в одноразових піщаних формах і одну п'яту - спеціальними видами лиття. Ці види лиття поділяються більш ніж на 50 способів, основними із яких є: кокільне лиття, лиття під тиском, лиття в оболонкові форми, відцентрове лиття, лиття за моделями, які виплавляються та інші.



В одноразові форми
Спеціальне лиття

Контрольні запитання

- 1 Які вимоги ставлять до ливарних металів?
- 2 В чому переваги ливарного виробництва?
- 3 Який спосіб лиття найрозповсюдженіший?
- 4 Яке призначення ливникової системи? Що таке усадка?

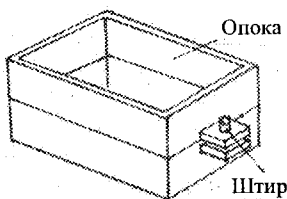
9.2 Лиття в одноразові піщані форми (Навчальний елемент 34)

Цілі

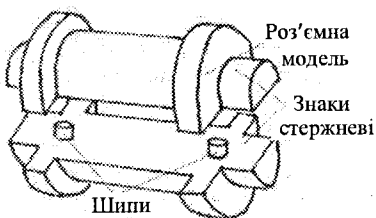
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- елементарні відомості про отримання виливка в одноразовій формі;
- технологію виготовлення одноразових ливарних форм і стержнів ручним способом.

1. Переважну кількість виливків виготовляють в одноразових піщаних формах. Це лиття ґрунтується на використанні ручної праці при виготовленні ливарних форм, в яких отримують дрібні партії або унікальні виливки. Одним з найпоширеніших методів ручного формування є виготовлення форм в парних опоках.



2. Розглянемо процес ручного формування у двох опоках за допомогою рознімної моделі (*model*). Модель – пристосування, за допомогою якого в ливарній формі створюється зовнішній контур майбутнього виливка. Модель повинна бути, як правило, рознімна, а частини моделі повинні добре центруватись між собою за допомогою двох шипів і відповідних їм отворів. Моделі, які є копіями майбутніх виливків, можуть бути дерев'яними, металевими, пластиковими та іншими.



3. При ручному формуванні, наприклад, за роз'ємною (рознімною) дерев'яною моделлю, спочатку укладають нижню половину моделі на модельну дошку площиною рознімання.



Половина моделі

4. Потім накривають опокою, яка являє собою жорстку металеву (інколи дерев'яну) рамку. Опока призначена для набивання в ній півформи, утримання формувальної суміші, що утворює ливарну форму як при її виготовленні і транспортуванні, так і при подальшій заливці і охолодженні виливка.



5. Щоб уникнути прилипання формувальної суміші до поверхні моделі останню припорошують графітовим порошком або наносять шар облицювальної суміші.



6. В опоку засипають формувальну суміш, яка складається з кварцового піску, глини і в'язучих матеріалів. Ці суміші повинні мати міцність готової форми, щоб струмінь рідкого металу не руйнував її при заливанні; пористість суміші необхідна для кращого вбирання газів, які виходять з рідкого металу; вогнетривкість необхідна щоб уникнути розплавлення частин форми і попадання їх у метал виливка.



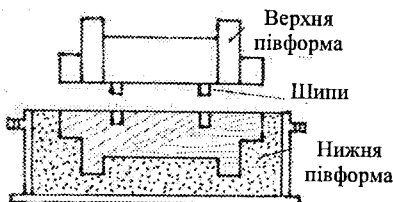
7. Для одержання кращого відтиску моделі формувальну суміш ущільнюють трамбівкою, а надлишок зрізують лінійкою на рівні верхньої кромки опоки.



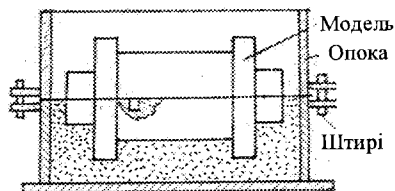
8. Приготовлену півформу разом з модельною дошкою перевертають на 180°.



9. На нижню половинку моделі накладають верхню її половину. Установлюють за допомогою шипів.

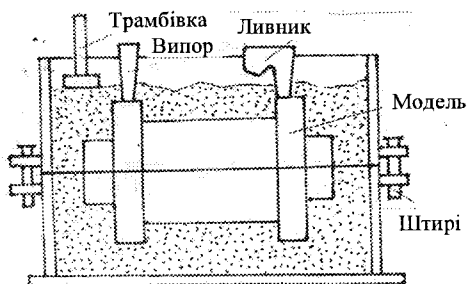


10. Тоді накладають (встановлюють) на нижню півформу верхню опоку, які з'єднують між собою за допомогою штирів.



11. Установлюють моделі ливникової системи. Заповнюють верхню опоку сумішшю і знову її ущільнюють.

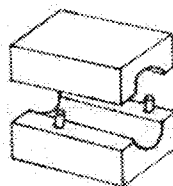
При формуванні верхньої опоки встановлюють дерев'яні конуси, які утворюють канал для заливання металу – ливник, і канали для виходу газів – випори.



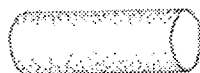
12. Після цього опоки роз'єднують. Знімають верхню півформу (half form) з нижньої, а також перевертають її на 180° площиною рознімання догори і обережно виймають обидві половинки моделі.



13. Стержні (*shrank*) поміщають у форми тоді, коли вилівок повинен мати отвір або бути порожнистим. Стержень перешкоджає суцільному заповненню форми розплавленим металом. Стержні виготовляють шляхом формування в роз'ємних дерев'яних стержневих ящиках з наступним сушінням.



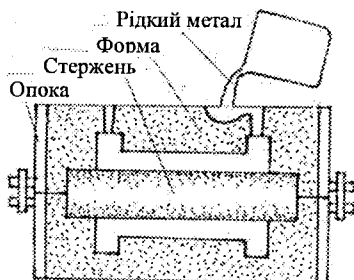
14. Для виготовлення стержнів простої форми застосовують піщано-глинисті суміші з добавками в'язучого матеріалу.



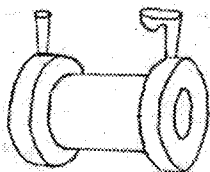
15. У нижню півформу вкладають стержень і заново складають опоки і з'єднують штирями.



16. Метал заливають у форми. Після тверднення металу виливок вибивають з форми, і потім з виливка вибивають стержень.



17. Ливники і випори обрубують, виливок очищають і він обробляється стрічковими й дисковими пилами, заливки відокремлюють пневматичними зубилами та шліфувальними кругами.



Контрольні запитання

1. В чому суть лиття в одноразові піщані форми?
2. Що таке модель, і з якого матеріалу її виготовляють?
3. Перерахуйте операції приготування піщаної форми в двох опоках.
4. Яке призначення стержнів?
5. Що таке опока і яке її призначення?
6. Чому роблять дві півформи?
7. Яка послідовність виготовлення одноразової піщаної форми?

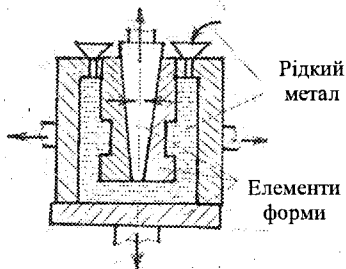
9.3 Спеціальні види лиття (Навчальний елемент 35)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

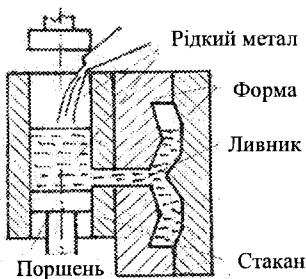
- елементарні відомості про отримання виливків;
- основні способи ливарного виробництва;
- технологію виготовлення одноразових ливарних форм і стержнів ручним способом.

1. Лиття в металеві форми застосовують для дрібних і середніх виливків головним чином при масовому їх виробництві. Кокіль – металева (сталь або чавун) форма багаторазового використання для отримання виливків шляхом заливки в неї розплавленого металу вільною струминою.

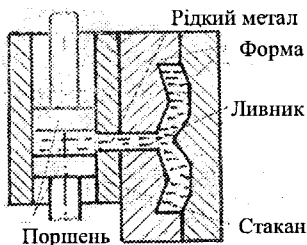


2. Литтям під тиском виконують невеликі виливки: воно відрізняється високою продуктивністю і значною точністю виливка, який звичайно не потребує подальшої обробки. Лиття проводять за допомогою спеціальних машин:

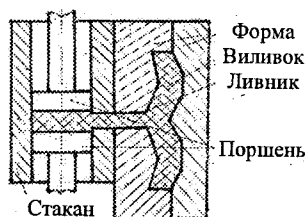
- в порожнину форми, що складається з двох половинок, подається рідкий метал через ливник. Метал у ливник подається з наповнювального стакана, на дні якого установлений нижній поршень, який до початку запресування перекриває ливниковий канал;



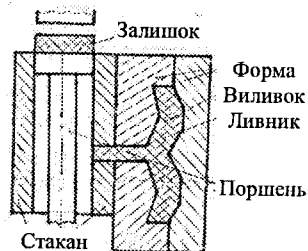
- верхній поршень, опускаючись, запресує рідкий метал у порожнину форми. Нижній поршень в цей час опускається униз, відкриваючи ливниковий канал;



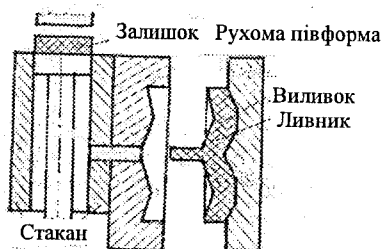
- після застигання;



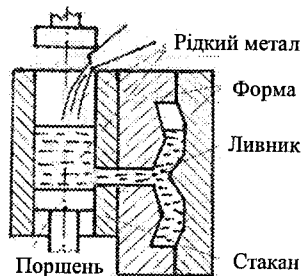
- після запресування рідкого металу в форму, верхній і нижній поршні піднімаються і тягнуть за собою залишок металу (виносять з наповнювального стакана);



- рухома половина форми відходить разом з виливком, і виливок відокремлюється від форми;

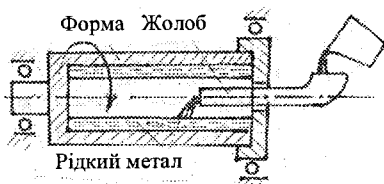


- нижній поршень повертається на місце, а після зняття виливка, часткового охолодження форми та покриття її поверхні мастикою, цикл пресування повторюється.

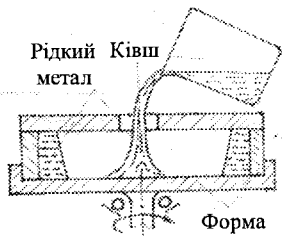


- Відцентрове лиття застосовується для виготовлення пустотілих циліндричних виливків без використання стержнів. Розплавлений метал заливають в обертвову форму відцентрової машини. Під дією відцентрової сили він розтікається рівномірним шаром по стінках форми де і твердне. Відцентрові машини, як правило, бувають двох основних типів: з горизонтальною і вертикальною осями обертання:

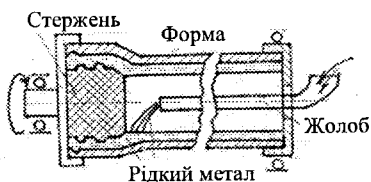
- на машинах з горизонтальною віссю обертання отримують вилівки, у яких довжина значно більша за діаметр;



- на машинах з вертикальною віссю обертання відливають колеса, шестерні, втулки.



4. Для отримання розтрубних чавунних труб за цим способом у форму вставляють стержень, який має обриси внутрішньої порожнини розтруба. Метал заливають через заливальну лійку по жолобу.

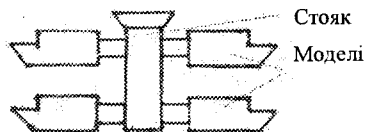


5. Лиття за моделями, які виплавляються - точний вид лиття; його застосовують для виготовлення дрібних деталей зі сталі й інших важкооброблюваних матеріалів:

- спочатку у спеціальній металевій формі із суміші стеарину з парафіном виливають моделі деталей. Подібним способом виливають і деталі ливникової системи;



- моделі і ливникову систему складають у комплект; декілька таких моделей припаюють до парафіно-стеаринового стояка;



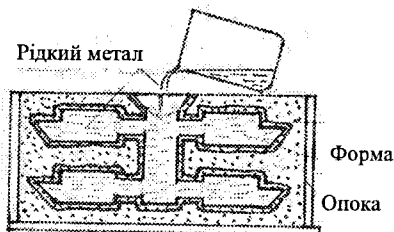
- покривають суспензією, обсипають піском і сушать;



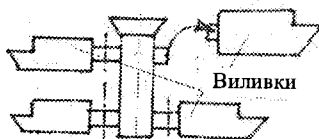
- моделі виливків зі стояком ("ялинка") поміщають в гарячу водяну ванну, де вони виплавляються зі сформованої навколо них три- або чотири-шарової оболонкової форми;



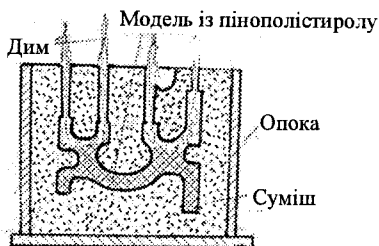
- оболонки форми далі сушать, прокалюють, заформовують в опоки і заливають рідким металом чи сплавом;



- виливки, що вистигли у вигляді "ялинки", виймають із опоки, виливки відділяють від стояка і відлущують від них залишки кераміки.



6. Лиття за моделями, які газифікуються, полягає в тому, що моделі і елементи ливникової системи виготовляються із пінополістиролу чи інших матеріалів, які можна видаляти із піщаної форми методом випалювання. Це дозволяє випалювати моделі без формівних нахилів, не роблячи роз'ємні форми, не роз'єднуючи порожні форми для видалення моделі. Все це забезпечує отримання виливків підвищеної точності.



Контрольні запитання

- 1 Які вимоги ставлять до ливарних металів?
- 2 В чому переваги ливарного виробництва?
- 3 Як проводять лиття під тиском?
- 4 Перерахуйте операції приготування піщаної форми у двох опоках?
- 5 Поясніть суть відцентрового лиття?

10 ОБРОБКА МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ

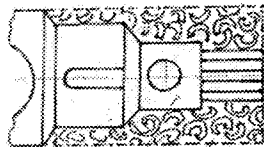
10.1 Основні поняття і визначення (Навчальний елемент 36)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення обробки металів різанням;
- основні способи обробки металів різанням;
- фізико-механічні основи процесу різання.

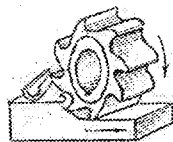
1. Обробка металів різанням – це процес виготовлення деталей за рахунок зняття різальним інструментом шару металу заготовки (стружки) для надання виробу (деталі) потрібної форми, заданих розмірів і чистоти поверхні.



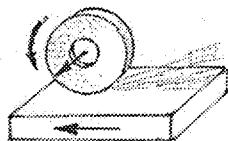
Стружка Деталь Заготовка

2. Види обробки металів різанням розрізняють у залежності від різального інструмента, конструкції металорізального верстата або від характеру руху інструмента і заготовки. Найбільш розповсюджені способи обробки металів різанням:

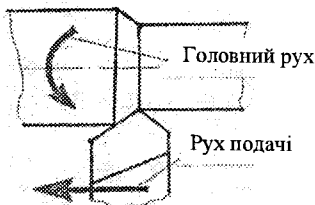
- точіння, коли заготовка обертається навколо своєї осі, а різець рухається паралельно, перпендикулярно або під кутом до осі обертання заготовки;
- свердління, коли заготовка закріплена нерухомо, а інструмент (свердло) одночасно виконує головний обертальний рух різання і рух подачі;
- фрезерування, коли головним рухом різання є обертання фрези, а переміщення заготовки – рух подачі;
- стругання, коли обробка виконується прямолінійним зворотно-поступальним головним рухом різця, а заготовки переривчато-оступальним рухом подачі;



- шліфування, коли поверхню метала обробляють абразивним (шліфувальним) інструментом.



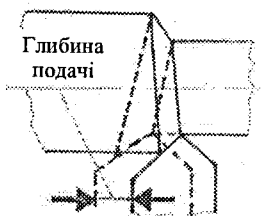
3. В процесі обробки різанням розрізняють рухи різання робочі та допоміжні. Робочі рухи різання складаються з головного руху різання й руху подачі. Головний рух різання відбувається з найбільшою швидкістю і забезпечує лише відокремлення стружки, а рух подачі забезпечує неперервне відокремлення стружки.



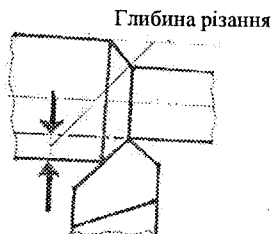
4. Швидкістю різання називають переміщення за одиницю часу оброблюваної поверхні відносно різальної кромки інструмента або переміщення інструменту відносно оброблюваної поверхні.



5. Подача – це поступальне переміщення різальної кромки інструмента відносно заготовки в напрямку подачі за один оберт або подвійний хід заготовки чи інструмента.



6. Глибина різання – відстань між двома послідовними положеннями різальної кромки за один оберт заготовки.

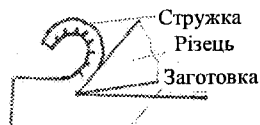


7. При обробці різанням метал чинить опір ріжучому інструменту. Цей опір долається силою різання, прикладеною до передньої поверхні різця. Робота сили різання витрачається на деформацію і відрив елемента стружки від основної маси металу, а також додання тертя.



8. У залежності від умов різання і властивостей оброблюваного матеріалу стружка може бути:

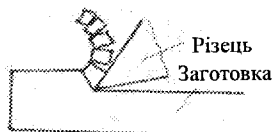
- зливна (стрічкоподібна) має вигляд суцільної стрічки з гладкою поверхнею біля різця.



- відколювана (суглобиста) також суцільна, на зовнішній поверхні видно зазубринки, й складається з розмежованих елементів;



- надламана складається з незв'язаних між собою окремих елементів різноманітної форми і утворюється під час обробки крихких металів.



9. Поверхня, по якій сходить стружка при різанні, називається передньою, а протилежна їй, звернена до обробленої поверхні заготовки, задньою. Кут між передньою поверхнею і площиною, проведеною через різальну кромку перпендикулярно до обробленої поверхні, називається переднім. Задній кут утворюється задньою поверхнею і поверхнею різання. Кут різання – це кут між передньою і оброблюваною поверхнями.

10. Різальні інструменти працюють в умовах високого тиску, температури й тертя, тому матеріали для різальних інструментів використовують:

- інструментальні вуглецеві та леговані сталі, які після гартування легко шліфуються, отримується гострота вістря. Недоліком є їхня низька теплостійкість. З них виготовляють інструмент для невеликих швидкостей різання (плашки, розвертки, свердла, мітчики);

- швидкорізальні сталі – це леговані сталі, що містять у своєму складі значну кількість вольфраму;
- тверді металокерамічні сплави, які виготовляють спіканням порошків карбідів вольфраму, титану, танталу і порошку кобальту.

11. Металорізальні верстати поділяють на універсальні і спеціальні. Універсальні призначені для виконання різноманітних операцій при виготовленні деталей, різних за розмірами і формою, спеціальні – для виготовлення деталей одного типорозміру.

Контрольні запитання

1. В чому полягає суть обробки металів різанням?
2. Які існують основні способи обробки різанням в залежності від руху інструмента і заготовки?
3. На які складові поділяються рухи при обробці різанням?
4. Що таке головний рух?
5. Що таке швидкість різання, подача?
6. Якого вигляду може формуватися стружка?
7. З якого матеріалу виготовляють різальні інструменти?
8. На які за рівнем спеціалізації поділяють металорізальні верстати?

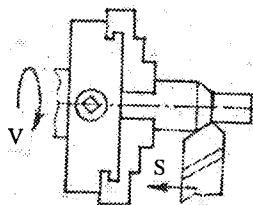
10.2 Точіння (*Навчальний елемент 37*)

Цілі

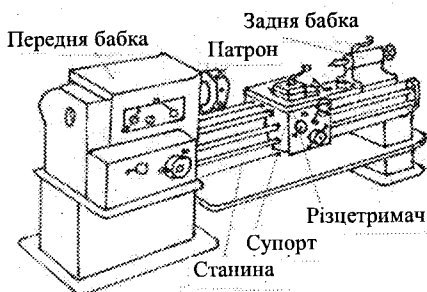
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення обробки металів на токарних верстатах ;
- фізико-механічні основи точіння;
- елементи та геометрія токарного різця;
- поверхні, які обробляють на токарних верстатах;
- основні верстати токарної групи.

1. Токарна обробка є одним із найбільш розповсюджених методів обробки металів різанням. Методом точіння обробляють зовнішні і внутрішні поверхні, які мають форму тіл обертання, нарізають зовнішні і внутрішні різьби.

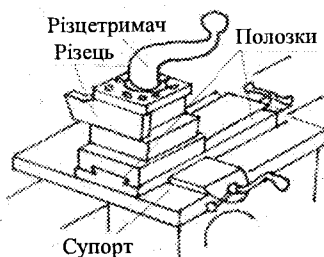


2. Токарні верстати є найбільш універсальними з усіх видів металорізального обладнання, на яких виконують обточування і розточування циліндричних, конічних і фасонних поверхонь обертання. Токарна обробка виконується на токарних верстатах, які розділяють на токарні, токарно-гвинторізні

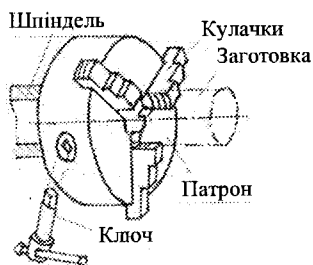


3. До основних частин токарно-гвинторізного верстата належать: станина, передня і задня бабки, коробка подач, патрон, супорт, ходовий гвинт, різцетримач.

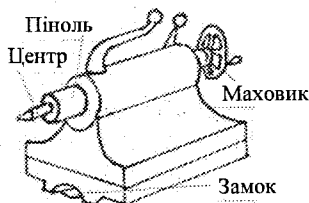
- супорт призначений для переміщення закріпленого в різцетримачі різця;



- кулачковий патрон – пристрій для затиску заготовки, який знаходиться на кінці шпинделя (порожнистий вал);



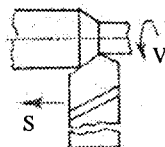
- задня бабка використовується для підтримування за допомогою центра правого кінця довгої заготовки, а також для закріплення інструмента для оброблення отворів.



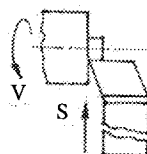
4. Токарний різець є клиноподібним різальним інструментом, який під час обробки заглиблюють у тіло заготовки й поступово зрізують стружку. Різець складається із стержня, за допомогою якого він закріплюється в різцетримачеві на супорті верстата і робочої частини (головки), за допомогою якої виконується різання. Залежно від призначення (виду обробки) різці поділяють на:



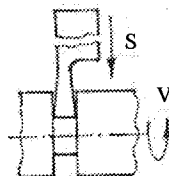
- прохідні різці використовують для обточування зовнішніх поверхонь;



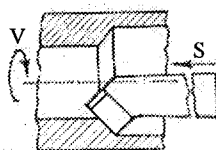
- підрізними різцями обробляють торцеві поверхні заготовок або уступи;



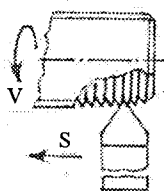
- відрізні різці служать для відрізування частини металу заготовки і виточки кільцевих канавок;



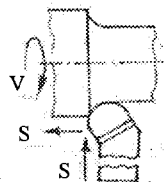
- розточувальними різцями обробляють наскрізні і глухі отвори;



- різьбонарізні різці використовуються для нарізання зовнішньої або внутрішньої різьби;



- фасонні різці призначені для чистової обробки фасонних поверхонь.

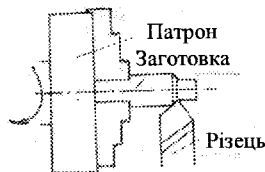


5. На токарних верстатах можна виконати такі операції:

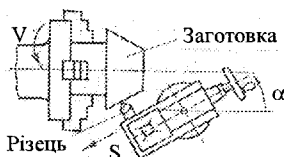
- точіння в центрах виконують при обточуванні зовнішніх поверхонь пруткових деталей (вали, осі), які підтримуються центром задньої бабки токарного верстата;



- точіння в патроні (трикулачковому або чотирикулачковому). Деталі закріплюють тільки в патроні (без підтримки вільного кінця центром);



- точіння конусів виконується з поворотом верхніх полозків супорта;



- точіння конусів з поперечним зміщенням корпуса задньої бабки.



- свердління свердлом, закріпленим в пінолі задньої бабки.



6. Токарні станки автомати і напівавтомати це верстати, де обробка деталей виконується автоматично. На токарних автоматах обробляють кріпильні деталі, втулки, деталі арматури та інше. Які використовують в масовому виробництві.

Контрольні запитання

1. В чому полягає суть точіння?
2. З яких основних частин складається токарний станок?
3. Яке призначення різця, і з яких частин він складається?
4. Які поверхні обробляють на токарному станку?
5. Які різці розрізняють у залежності від призначення?
6. Як виточують конічну поверхню на токарному верстаті?
7. Як свердлять отвори на токарному станку?

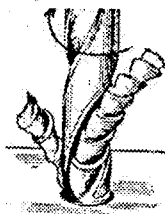
10.3 Свердління (Навчальний елемент 38)

Цілі

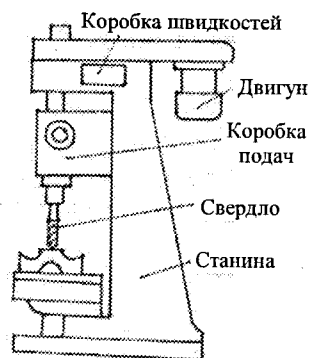
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення свердління;
- загальні відомості про свердлильні верстати ;
- елементи і геометрія спірального свердла ;
- поверхні, які обробляють на свердлильних верстатах;

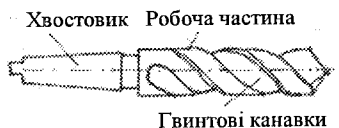
1. Свердління – дуже розповсюджений спосіб одержання отворів у суцільному металі за допомогою різального інструмента – свердла, якому надають обертального та поступального руху відносно його осі. На свердлильних верстатах обробляють переважно отвори у нерухомо закріплених заготовках.



2. Свердлильні верстати служать для обробки отворів інструментом, який виконує одночасно обертальний рух різання і поступальний рух подачі. Існує декілька типів свердлильних верстатів, такі як радіально-свердлильні, горизонтально-свердлильні, багатошпиндельні, але найбільш розповсюдженими є вертикально-свердлильні.



3. Для свердління отворів найчастіше застосовують спіральні свердла, що мають дві основні частини – робочу та хвостовик. На циліндричній частині є дві гвинтові канавки, розміщені одна проти одної. Їх призначення – відводити стружку з отвору, що просвердлюється. У залежності від напрямку гвинтових канавок спіральні свердла поділяють на:

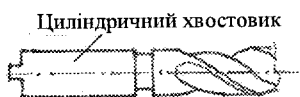


- праві, канавки яких направлені за гвинтовою лінією з підйомом зліва направо, свердло під час роботи обертається проти годинникової стрілки;
- ліві, канавки направлені за гвинтовою лінією з підйомом справа наліво, обертання відбувається за годинниковою стрілкою. Ліві свердла застосовують рідко.

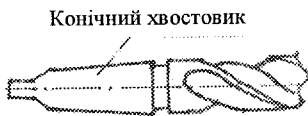


4. Хвостовики в спіральних свердлах можуть бути:

- циліндричними, які закріплюють у шпинделі верстата за допомогою спеціальних патронів.

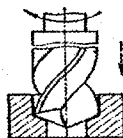
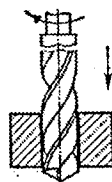


- конічними, які вставляють безпосередньо в конічний отвір шпинделя верстата (конус Морзе).

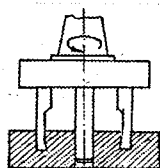


5. На свердлильних верстатах можна виконувати такі роботи:

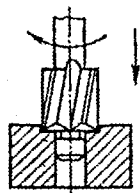
- свердління наскрізних і глухих циліндричних отворів за допомогою свердла;
- розсвердлюванням збільшують діаметр попередньо просвердленого отвору;



- розточування отворів здійснюється різцем на свердлильному верстаті;



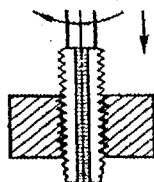
- зенкування виконується при виготовленні в отворах циліндричних, конічних заглиблень і фасок;



- одночасна обробка в отворі, наприклад, циліндричної та конічної поверхонь спеціальним комбінованим інструментом;



- нарізання внутрішньої різьби мітчиком в поперечно оброблених отворах.



Контрольні запитання

1. В чому полягає суть свердління?
2. Які існують свердла?
3. Які хвостовики існують в свердлах?
4. Які роботи виконують на свердлильних верстатах?

10.4 Фрезерування (Навчальний елемент 39)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

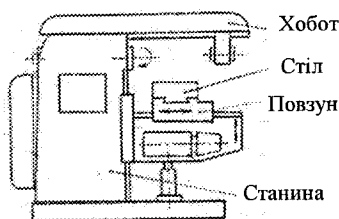
- визначення фрезерування;
- основні види фрезерних верстатів;
- основні типи фрез;
- поверхні, які обробляють на фрезерних верстатах.

1. Фрезерування – процес обробки площин, фасонних і гвинтових поверхонь, нарізання шліців, різей і зубчастих коліс, отримання гвинтових канавок за допомогою обертового ріжучого інструмента, що називається фрезою.

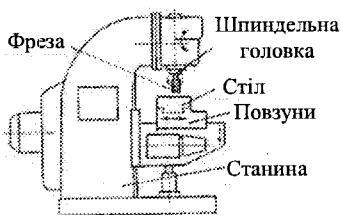


2. Під час обробки фреза обертається, виконуючи головний рух різання, а заготовка пересувається прямолінійно, виконуючи рух подачі.
3. Фрезерування може бути проти подачі, коли рух фрези й заготовки протилежні фрезеруванню, і за подачею характеризується збігом напрямків обертання фрези й напрямку подачі.
4. Фрезерні верстати є найбільш поширеними металоріжучими верстатами. Існує багато типів фрезерних верстатів, але найпоширенішими є:

- горизонтально-фрезерні, які використовують для обробки плоских й фасонних поверхонь, пазів, а також для нарізання циліндричних зубчастих коліс;



- вертикально-фрезерні, які служать для обробки плоских поверхонь торцевими або кінцевими фрезами. Інструмент кріпиться консольно у вертикальному шпинделі.



5. Фреза – багатолезовий інструмент, у якого по колу чи на торці розміщені ріжучі зубці, які являють собою найпростіші різці. Фрези поділяються на:

- циліндричні, для обробки плоских поверхонь. Конструктивною особливістю цих фрез є розташування різальних ребер їх зубців на циліндричній зовнішній поверхні.



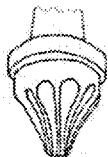
- дискові, призначені для обробки пазів і вузьких плоских поверхонь. Від циліндричних вони відрізняються невеликою шириною.



- кінцеві (торцеві), застосовують для обробки плоских поверхонь. Вони мають головні різальні ребра на циліндричній або на конічній поверхні та різальні ребра на торці.

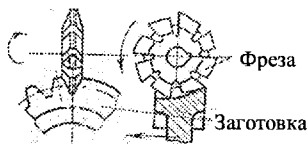


- фасонні, застосовують для обробки поверхонь складного профілю.

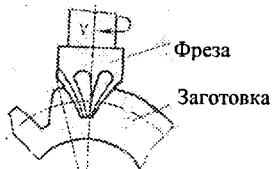


6. Циліндричні зубчасті колеса фрезерують:

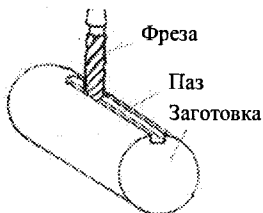
- модульними дисковими фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах;



- модульними пальцевими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах.



7. Пази (шпонкові) прямокутного перерізу виконують кінцевими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах.



Контрольні запитання

1. В чому полягає суть фрезерування?
2. Які існують основні типи фрез?
3. Які існують схеми фрезерування?
4. На які основні типи поділяють фрезерні верстати?

10. 5 Стругання, довбання та протягання

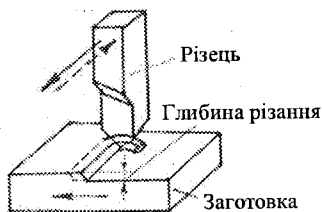
(Навчальний елемент 40)

Цілі

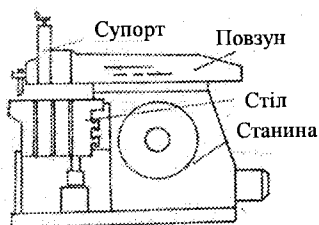
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- особливості стругання, довбання та протягання;
- визначення обробки металів на стругальних верстатах;
- елементи та геометрія протяжки;
- поверхні, які обробляють на стругальних та довбальних верстатах.

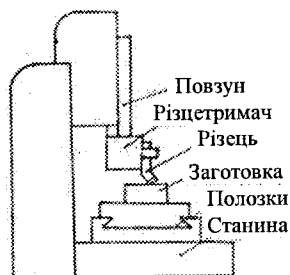
1. Стругання – спосіб обробки поверхонь заготовки різцем, завдяки двом прямолінійним горизонтальним рухам. Головний рух різання щоразу чергується зі зворотним ходом.



2. Стругальні верстати використовують для тих же робіт, що і фрезерні, тобто для обробки площин, різного виду пазів і фасонних лінійних поверхонь. Особливість цих верстатів полягає в тому, що рух різання прямолінійний (звратно-поступальний).

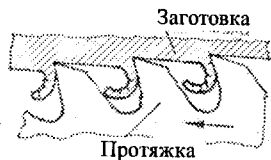


3. Довбання є різновидом стругання. Головний рух різання відбувається у вертикальній площині, а рух подачі в горизонтальній.



4. Довбальні верстати застосовують для обробки отворів різної форми, шпонкових ривчаків у отворах. У довбальних верстатах головний рух різання відбувається у вертикальній площині. Стіл із заготовкою пересувається у двох взаємно-перпендикулярних горизонтальних площинах.

5. Протягування застосовують для обробки внутрішніх і зовнішніх поверхонь за допомогою багатолезового інструмента – протяжки. При протягуванні за один хід інструмента зрізається весь припуск заготовки.

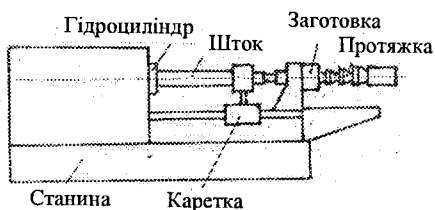


6. Протяжка – металорізальний інструмент у вигляді стрижня, на якому послідовно розташовані зубці заданого профілю, і кожен наступний зубець виступає над попереднім.



7. Протяжні верстати у залежності від напрямку руху протяжки поділяються на:

- горизонтально-протяжні, які використовуються переважно для обробки внутрішніх поверхонь;



- вертикально-протяжні застосовують для обробки зовнішніх, а також внутрішніх поверхонь.



Контрольні запитання

1. В чому полягає суть стругання та довбання?
2. Як виконують протягування?
3. Що таке протяжка, і як нею обробляють метали?
4. Які рухи виконуються при струганні?

10.6 Шліфування (Навчальний елемент 41)

Цілі

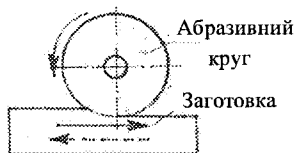
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення суті шліфування ;
- основні схеми шліфування;
- абразивні інструменти;
- основні шліфувальні верстати;
- поверхні, які обробляють на шліфувальних верстатах.

1. Шліфування - процес обробки деталей за допомогою шліфувальних кругів. В більшості випадків шліфування є оздоблювальною операцією, яка забезпечує високу точність розмірів і високу якість обробленої поверхні.



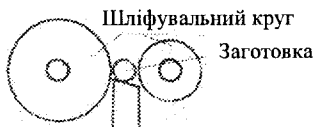
2. У залежності від форми поверхонь, які обробляються, існують такі схеми шліфування, як плоске шліфування. Тут, окрім головного руху різання круга, є горизонтальна подача заготовки і вертикальна подача круга.



3. Найпоширенішим способом зовнішнього шліфування є кругле з горизонтальною подачею. Цим способом обробляють циліндричні й конічні поверхні.



4. Безцентрове шліфування, коли оброблювану заготовку кладуть на ніж між двома кругами, які незалежно обертаються.



5. Абразивні (*abrasion* – зіскоблення) матеріали – зернисті речовини високої твердості, які використовуються для виготовлення абразивних інструментів. Зернистість абразивів залежить від припуску на обробку. Грубозернисті абразивні інструменти призначені для зрізання стружки великих розмірів, а дрібнозернисті – для зрізання тонкої стружки.



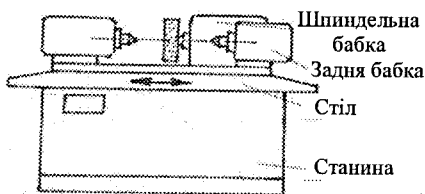
6. Абразивні інструменти дуже різноманітні, але найпоширенішими серед них є тіла обертання, призначені для шліфування. Шліфувальні круги можуть бути:

- плоскими прямими, які мають циліндричну форму й плоскі торці; застосовують для круглого та плоского шліфування;
- чашкові конічні застосовують переважно для загострення різальних інструментів;
- дискові використовують для обробки пазів і розрізування матеріалів.

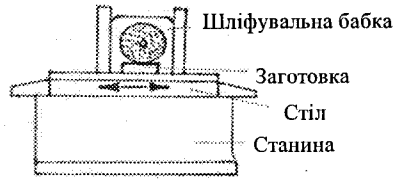


7. Шліфувальні верстати за конструктивними і технологічними ознаками (видом виконаних робіт) розділяють на:

- плоскошліфувальні верстати обробляють плоскі поверхні заготовок. Закріплюють заготовки на столі за допомогою електромагнітної плити або спеціальних пристроїв;



- круглошліфувальні верстати призначені для зовнішнього шліфування циліндричних та конічних поверхонь.



Контрольні запитання

1. В чому суть шліфування?
2. Що таке абразивні матеріали, і яка їх властивість?
3. Які шліфувальні круги ви знаєте?
4. Які існують основні схеми шліфування?
5. Назвіть основні шліфувальні верстати.

11 СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

11.1 Обробка поверхневим деформуванням

(Навчальний елемент 42)

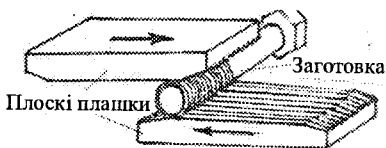
Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен мати уявлення про:

- обробку металів поверхневим деформуванням;
- суть накатування різі;
- накатування шліців та зубчатих коліс;
- зміцнювально-калібрувальні методи обробки металів.

1. Обробка заготовок методами пластичного поверхневого деформування відбувається без зняття стружки. Формотворні методи використовують для накатування різей у холодному стані з використанням:

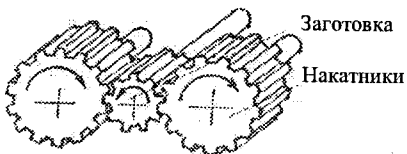
- плоских різцевих плашок, коли заготовку прокочують між плашками, на робочих поверхнях яких виконані розгортки профілю різі. Коли одна плашка прямолінійно переміщується відносно другої, заготовка котиться між ними і вдавлює профіль різі;



- циліндричних роликів, коли вони обертаються в одному напрямку, а між ними знаходиться заготовка, завдяки чому поступово формується висота різі.



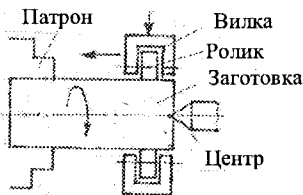
2. Зубці коліс накатують за допомогою спеціальних накатників як у холодному, так і в гарячому стані.



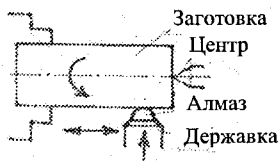
3. Шліци на валах накатують інструментом, профіль якого відповідає профілю впадин між шліцами. Інструмент заглиблюється в заготовку, обертаючись навколо своєї осі й рухаючись уздовж заготовки.



4. Зміцнювально-калібрувальний метод ґрунтується на пластичному згладжуванні твердим роликком поверхневих мікроступів, а твердість поверхневого шару підвищується завдяки наклепу.



5. Для обробки металів з підвищеною твердістю застосовують алмазне вигладжування, коли алмаз півсферичної поверхні загладжує мікронерівності поверхні.



6. Метод калібрування полягає в проштовхуванні крізь оброблюваний отвір твердого інструмента (кулька або дорн), розмір якого дещо перевищує розмір отвору.



Контрольні запитання

1. В чому суть обробки металів методами пластичного поверхневого деформування?
2. Яким інструментом накатують різі?
3. Як накочують зубчаті колеса?
4. Які існують зміцнювально-калібрувальні методи?
5. Як виконують калібрування отворів?
6. Що таке алмазне вигладжування?

11.2 Електрофізичні методи обробки (Навчальний елемент № 43)

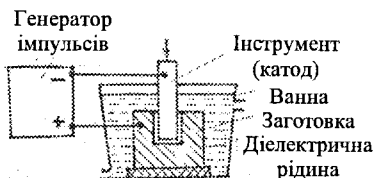
Цілі:

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен мати уявлення про:

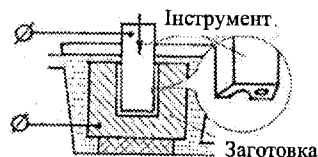
- суть електрофізичного методу обробки;
- фізико-механічні основи електроерозійного методу обробки;
- електроіскровий метод обробки;
- ультразвуковий метод обробки;
- лазерний метод обробки;
- можливості обробки нетрадиційних матеріалів і поверхонь.

1. В порівнянні зі звичайною обробкою металів різанням, електрична обробка дозволяє обробляти деталі із матеріалів з найвищими фізико-хімічними властивостями, обробка яких звичайним методом важка, або зовсім неможлива (тверді сплави, алмазні та кварцові матеріали).

2. Суть електроіскрового методу полягає в тому, що метал під дією електричних іскрових розрядів руйнується, тобто відбувається так звана електрична ерозія. Процес виконується на спеціальному верстаті в бачку (ванні), наповненому гасом або маслом. Електроіскровим методом отримують:



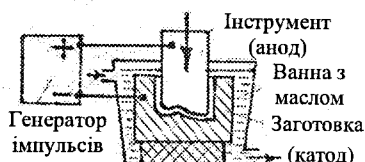
- глухі та наскрізні отвори будь-якої форми в поперечному перерізу;



- отвори з криволінійними осями;



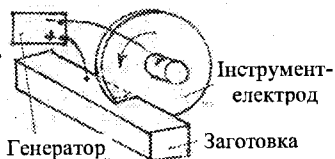
3. Електроімпульсна обробка основана на використанні розрядів, які виникають між поверхнями інструменту та заготовки (катода і анода). Розряди виникають за допомогою імпульсів напруги, що



виробляється спеціальним генератором, дуговий розряд при цьому більш тривалий та потужніший, ніж при електроіскровому методі. Під час такої обробки виникає плавлення малих частинок металу в зоні електричних розрядів, які виникають між електродами. Цей метод використовують для прошивання отворів, об'ємного копіювання та для обробки різців, фрез, і штампів із жароміцних і твердих сплавів.

4. Електроконтактна обробка основана на електромеханічному руйнуванні металу, що обробляється, переважно на повітрі без використання електроліту. Метал руйнується під дією електродугових розрядів між інструментом, що швидко рухається, та заготовкою. Обробку використовують для:

- різання заготовок;



- обдирання виливків;



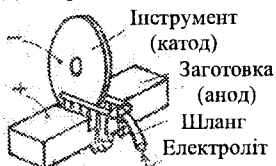
- заточення інструменту;



- обробка круглих заготовок.



5. Анодно-механічна обробка, основана на електромеханічному та електрохімічному руйнуванні металу, що обробляється, інструмент є катодом, заготовка є анодом. Під час операції в зону обробки шлангом подається електроліт так, щоб зазор між диском та заготовкою був

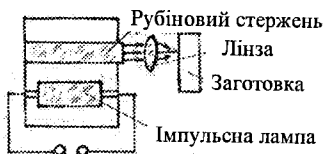


завжди заповнений робочою рідиною. При проходженні постійного струму через електроди і електроліт, поверхня заготовки піддається анодному розчиненню і на ній утворюється струмонепровідна плівка, яка знімається інструментом. Розряди, що утворюються в зоні обробки, розвивають високу температуру, яка дозволяє виплавляти метал заготовки.

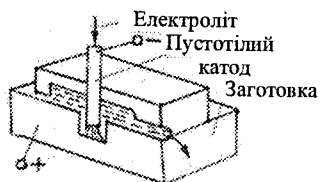
6. Ультразвукова обробка – основана на руйнуванні оброблюваного матеріалу абразивними зернами під ударами інструмента, що коливається з ультразвуковою частотою. Джерелом коливань є спеціальні вібратори, які передають ультразвукові коливання інструменту-вібратору, який опущений в абразивну суспензію в зоні обробки. Ультразвукову обробку використовують для прошивання отворів в заготовках із твердих і крихких матеріалів і скла, твердих сплавів, загартованої сталі.



7. Обробка світловим променем (лазером) використовується для заготовок із важкооброблювальних матеріалів. Лазер – це оптичний квантовий генератор, який виробляє в певних умовах світлові промені з високою щільністю енергії, строго направлені на дуже малу ділянку оброблюваного матеріалу, який миттєво нагрівається, плавиться і випаровується. Лазером виконують різання металу, утворення дуже малих отворів і виконання інших видів розмірної обробки.



8. Електрохімічне свердління здійснюється в проточному електроліті. Під дією електроліту, що виходить під тиском із пустотілого катода в місці його дотику з оброблюваною деталлю (анодом), виникає розчинення металу, при цьому форма порожнини, що утворюється, точно відповідає поперечному перерізу струменя електроліту.



Контрольні запитання

1. На якому фізичному явищі основана ультразвукова обробка?
2. В чому суть електроіскрового методу обробки?
3. На чому ґрунтується лазерна обробка?
4. Які поверхні можна обробляти електроіскровим методом?
5. Що являє собою ультразвукова обробка?

Тести третього модуля

1. Як називається здатність металів або виробів витримувати той чи інший вид обробки?
а) фізичні властивості; б) термічна обробка; в) технологічні проби.
2. Як називається властивість матеріалу, яка дорівнює відношенню маси матеріалу до займаного об'єму?
а) міцність; б) пластичність; в) густина.
3. Який із цих металів або сплавів має найбільшу електропровідність?
а) мідь; б) залізо; в) ніхром.
4. Як називається властивість металів, не руйнуючись змінювати під дією зовнішніх сил свою форму після припинення дії сил?
а) пластичність; б) міцність; в) пружність.
5. Яка властивість не належить до технологічних?
а) зварюваність; б) рідкотекучість; в) твердість.
6. Як називається здатність металу чинити опір вдавненню в нього інших тіл?
а) твердість; б) пружність; в) крихкість.
7. До яких властивостей належить ковкість?
а) хімічних; б) механічних; в) технологічних.
8. Як називається здатність листового металу витримати, не руйнуючись, повторні згини?
а) проба видавлюванням; б) проба на осадку; в) проба на перегин.
9. Яку застосовують пробу тонколистового металу, призначеного для холодного штампування?
а) проба на видавлювання; б) проба на осадку; в) проба на замок.
10. Як називається проба, коли сталь обробляють шліфувальним кругом?
а) проба на сплющення; б) проба на осадку; в) проба на іскру.
11. За рахунок якої властивості металу одержують вироби шляхом прокатування?
а) міцність; б) пластичність; в) твердість.
12. За рахунок чого підвищують пластичність металу:
а) нагрівання; б) охолодження; в) намагнічування?
13. Як називається обробка металів тиском, яка полягає в пропусканні металу в проміжок між двома валками, що обертаються?
а) прокатування; б) волочіння; в) пресування.
14. Як називається обробка металів тиском, яка полягає в протягуванні заготовки через отвір, переріз якого менший ніж переріз заготовки?
а) штампування; б) волочіння; в) кування.

15. Як називається обробка металів тиском, коли метал, поміщений в замкнутий контейнер, під дією тиску видавлюється через калібрувальний отвір?
а) прокатування; б) волочіння; в) пресування.
16. Який виріб одержують методом волочіння?
а) поковка; б) прокат; в) дріт.
17. Як називаються спеціальні прокатні стрічки, з яких формуються труби?
а) оправка; б) ролики; в) штрипс.
18. Яке призначення виконує електрична дуга при виготовленні труб?
а) захист металу від шкідливої дії кисню; б) розплавлення дроту і оплавлення кромки; в) покриття шаром флюсу.
19. Яке призначення спеціальної оправки (дорна) при виготовленні труб?
а) для прошивання отвору; б) для вирівнювання труби; в) для зварювання труби.
20. Як називається кування, що проводять ударами молотка або кувалди по нагрітій заготовці, яка лежить на ковадлі?
а) ручне; б) машинне; в) в штампах.
21. Як називається ковальська операція, що полягає у збільшенні довжини заготовки за рахунок зменшення її поперечного перерізу?
а) осанка; б) витяжка; в) пробивання.
22. Як називається ковальський інструмент, що використовують для пробивання отворів?
а) свердло; б) обтискач; в) пробійник.
23. За допомогою якого інструменту при куванні утримують заготовку?
а) кліщі; б) кусачки; в) кувалда.
24. Яким методом штампування перетворюють стаканоподібну заготовку на кулясту заготовку?
а) вирубання; б) штампування гумою; в) штампування рідиною.
25. Для чого перед штампуванням заготовку нагрівають?
а) збільшення пластичності; б) збільшення розмірів заготовки; в) збільшення міцності металу.
26. До якого способу відноситься штампування вибухом?
а) листове штампування; б) штампування у закритих штампах; в) об'ємне гаряче штампування.
27. При якому штампуванні об'єм заготовки рівний об'єму порожнини штамп?
а) у відкритих штампах; б) у закритих штампах; в) у витяжних штампах.

28. Як називають дерев'яні копії майбутніх виливків?
а) опока; б) модель; в) ливник.
29. Що розміщують у формі, коли виливок повинен мати отвір?
а) стержень; б) ливник; в) опоку.
30. Як називається металева форма багаторазового використання для отримання виливок?
а) опока; б) ливник; в) кокіль.
31. Для отримання яких виливок використовують відцентрове лиття?
а) пустотілих циліндричних; б) складної конфігурації; в) дрібних деталей.
32. Який спосіб лиття найбільш розповсюджений?
а) в піщаних формах; б) відцентрове лиття; в) під тиском.
33. Які вимоги ставлять до ливарних металів?
а) хороша рідкотекучість; б) мала теплоємність; в) висока пластичність.
34. При якому способі лиття моделі поміщають в гарячу водяну ванну?
а) відцентровому; б) за моделями, які виплавляються; в) за моделями, які газифікуються.
35. Як називається виріб, отриманий шляхом лиття?
а) твел; б) вилівка; в) опока.
36. З якого металу чи сплаву найбільше виливають виробів?
а) бронза; б) чавун; в) алюміній.
37. Як називається металева або дерев'яна рамка для утримання формувальної суміші?
а) модель; б) випар; в) опока.
38. Яким методом обробляють зовнішні і внутрішні поверхні, які мають форму тіл обертання?
а) фрезеруванням; б) свердлінням; в) точінням.
39. Яка обробка металів різанням є однією із найбільш розповсюджених?
а) стругання; б) точіння; в) шліфування.
40. Які роботи не можна виконувати на свердлильному верстаті?
а) стругання вертикальних площин; б) нарізання різьби; в) зенкування.
41. Як називається багатолезовий інструмент, у якого по колу чи на торці розміщені ріжучі зубці?
а) фреза; б) свердло; в) різець.
42. Яких фрезерних верстатів не існує?
а) горизонтальних; б) прохідних; в) вертикальних.
43. Яких шліфувальних верстатів не існує?
а) круглошліфувальних; б) квадратношліфувальних;
в) плоскошліфувальних.

44. Яких свердел не існує?
а) спіральних; б) перових; в) хвостових.
45. Яким інструментом обробляють метал на стругальному верстаті?
а) різець; б) фреза; в) протяжка.
46. Як називається частина різця, яка заглиблюється у тіло заготовки і зрізує стружку?
а) головна; б) робоча; в) основна.
47. Який вид обробки має найвищу точність?
а) точіння; б) фрезерування; в) шліфування.
48. Як називається інструмент у вигляді стержня, на якому послідовно розташовані зубці, кожний наступний з яких виступає над попереднім?
а) свердло; б) протяжка; в) фреза.
49. Як відбувається обробка металів методом поверхневого деформування?
а) без зняття фасок; б) без зняття стружки; в) із зняттям окалини.
50. Чи можна накатувати різь плоскими плашками?
а) можна; б) ні; в) тільки круглими.
51. Чи можна накатувати зубці зубчатих коліс?
а) можна; б) ні; в) можна тільки великі.
52. Яке призначення обкочування циліндричних поверхонь?
а) підвищення пластичності; б) підвищення твердості; в) воронування поверхні.
53. В чому суть калібрування?
а) обкочуванні роликком; б) накочуванні накатником; в) прошовхуванні кульки.
54. Яким методом обробляють дуже тверді матеріали?
а) алмазним вигладжуванням; б) електрофізичним методом; в) калібруванням.
55. Як називається обробка, яка ґрунтується на миттєвому нагріванні оброблюваної поверхні світловим променем?
а) ультразвукова; б) електроіскрова; в) лазерна.
56. Як називається обробка, яка основана на електромеханічному руйнуванні металу переважно на повітрі?
а) електроконтактна; б) електроімпульсна; в) електроіскрова.

Частина 4 ЗВАРЮВАННЯ

Змістовий модуль 4

12 СУТЬ ЗВАРЮВАННЯ

12.1 Загальні відомості про зварювання

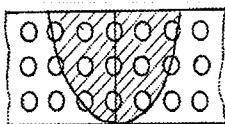
(Навчальний елемент 44)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- визначати, що таке зварювання (*welding*);
- ідентифікувати види зварювання залежно від виду прикладеної енергії;
- визначати, до якого класу відносяться відомі способи зварювання.

1. Зварюванням називають отримання нероз'ємних з'єднань за рахунок встановлення міжатомних зв'язків (*interatomic bound*) між частинами, котрі з'єднуються при їх нагріванні і (або) пластичній деформації (*plastic deformation*). Це означення відноситься як до металів, так і до неметалевих матеріалів (пластмаси, скла і ін.).



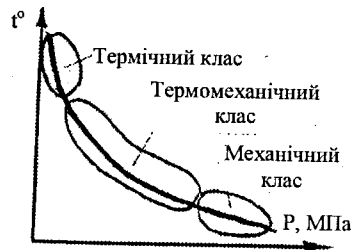
2. Зварюваністю називають властивість металу і з'єднань металів утворювати при встановленій технології зварювання з'єднання, які відповідають вимогам, обумовленим конструкцією і експлуатацією виробу. На зварюваність сталі найбільше впливає її хімічний склад. Добре зварюються низьковуглецеві сталі. Зварювання середньо-вуглецевих сталей можливе при умові дотримання особливої технології. Ручне дугове зварювання високовуглецевих сталей не рекомендується.



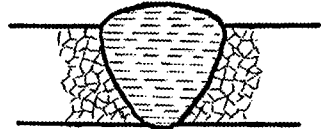
3. Для утворення зварювальних з'єднань (*joint*) необхідно зблизити краї з'єднувальних частин і створити умови, які необхідні для того, щоб між ними почали діяти міжатомні зв'язки. Міжатомні зв'язки можуть установитися між деталями тільки тоді, коли атоми (*atom*), що з'єднуються, отримують енергію ззовні. В результаті цього атоми отримують відповідні переміщення, які дозволяють їм зайняти в загальній атомній решітці стійке положення (досягти рівноваги між силами притягування та відштовхування).



4. Є більше 60 видів зварювання, які класифікуються за основними фізичними ознаками, залежно від форми енергії, що використовується; є три класи зварювання: термічний, термомеханічний та механічний.

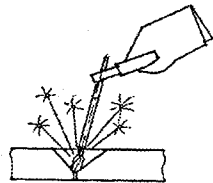


5. Термічний клас зварювання характеризується тим, що від нагрівання зовнішнім джерелом утворюється рідкий метал оплавлених кромок, який самовільно з'єднується (в якійсь мірі перемішується). При цьому утворюється ванна розплавленого металу (*tank of smelt*). Після усунення джерела нагрівання метал зварювальної ванни кристалізується (*crystallize*) і утворює зварювальний шов, який з'єднує зварювані частини. Метал шва може утворюватися тільки за рахунок переплавлення металу (*remelting of metal*) на кромках або допоміжного присадного (*filler*) металу, введеного в зварювальну ванну.

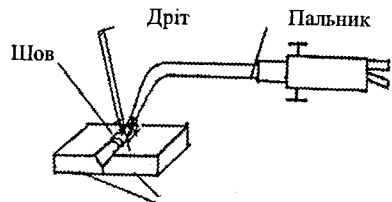


6. Всі види зварювання термічного класу визначаються безпосередньо джерелом тепла, що використовують для розплавлення металу, наприклад:

- дугове зварювання (*arc welding*) – найпоширеніший спосіб з'єднання металевих деталей, який використовує тепло електричної дуги;

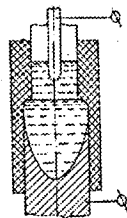


- газове зварювання (*gas welding*) – зварювання плавленням, при якому для нагрівання використовують тепло полум'я суміші газів, яка спалюється за допомогою пальника;



Зварювані деталі

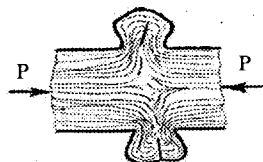
- електрошлакове зварювання – зварювання плавленням, при якому для нагрівання металу використовують тепло, що виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений шлак;



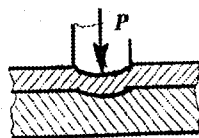
- термітне зварювання – зварювання, при якому для нагрівання використовують тепло горіння термітної суміші (термітів), котра складається із порошків металів, дуже подібних до кисню, наприклад алюмінію, і порошків оксиду заліза.



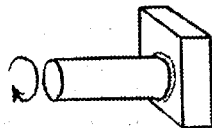
7. Сутність механічного класу зварювання полягає в пластичному деформуванні металу на кромках частин, що зварюються. Пластичне деформування на кромках досягається статичним або ударним навантаженням (*load*). Завдяки пластичній деформації метал на кромках піддається тертю між собою, що прискорює процес установлення міжатомних зв'язків між сусідніми частинами. Механічний клас включає види зварювання з використанням механічної енергії і тиску (зварювання холодне, вибухом, ультразвукове, тертям та інші), такі як:



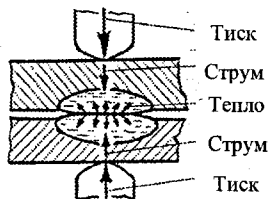
- зварювання холодне виконується при кімнатній температурі деталей (без нагрівання) завдяки глибокій пластичній деформації ділянок металу в зоні з'єднання. Використовується для з'єднання високо-пластичних металів (мідь, алюміній та інші);



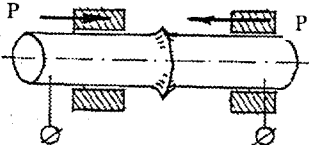
- зварювання тертям (*pressure welding*) ґрунтується на нагріванні металу до пластичного стану за рахунок виділення тепла при терті торцевої поверхні одної деталі об іншу.



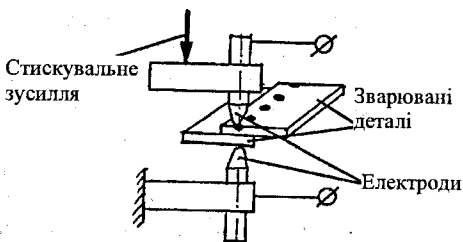
8. Термомеханічний клас об'єднує види зварювання, при яких використовується як тепла енергія, так і тиск. Розрізняють такі види:



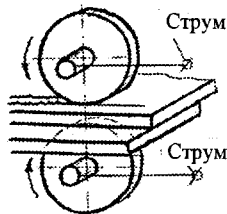
- контактне стикове зварювання (*butt welding*) – зварювання з використанням тиску. Нагрівання створюється теплом, яке виділяється при проходженні електричного струму через з'єднані частини, що контактують.



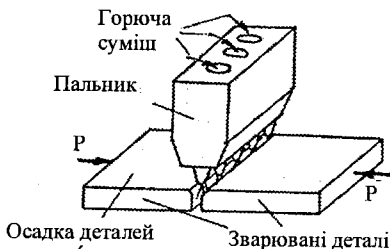
- контактне точкове – зварювання, при якому з'єднання елементів виконуються на ділянках, котрі обмежені площею торців електродів, до яких підводять струм і передають стискувальне зусилля.



- контактне шовне – коли окремі точки частково перекривають одна одну, утворюючи безперервний шов деталей, що зварюються. Листи металу пропускають між роликami, які обертаються і через які проходить електричний струм;

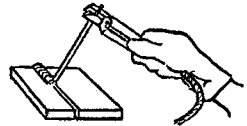


- газопресове зварювання – зварювання тиском, при якому нагрівання проводиться полум'ям газів, які спалюються на виході зварного пальника.

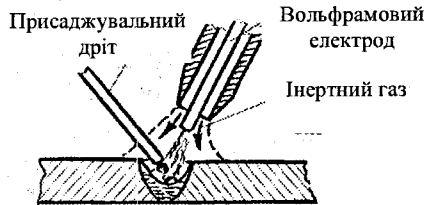


9. Електродугове зварювання (*electric arc welding*) – спосіб з'єднання металевих деталей, який використовує тепло електричної дуги. Електричною або зварювальною дугою називають явище з утворенням, перш за все, концентрованої променевої енергії, теплоти, звуку і других ефектів в проміжку між електродом і деталлю, який заповнений повітрям або газами, при проходженні електричного струму в цьому проміжку. Електродугове зварювання може бути:

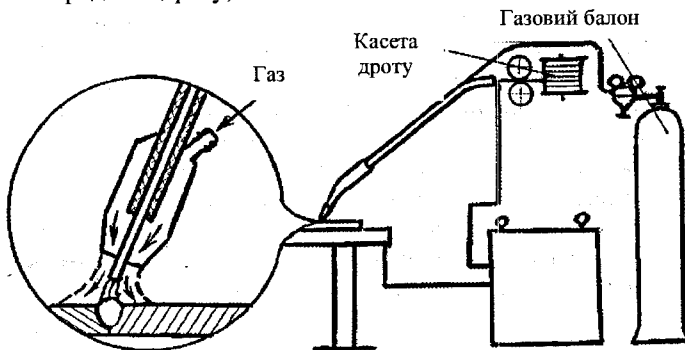
- ручне дугове зварювання, яке виконується людиною за допомогою електрода (*electrode*), котрий плавиться або не плавиться;



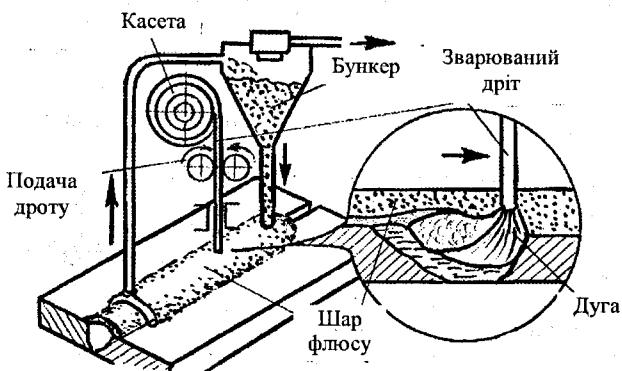
- дугове зварювання в захисному газі (*shielding gas*) може виконуватись електродом, що не плавиться (вольфрамовим), коли зварювальний шов формується за рахунок металу розплавлених кромки, а також присаджувального дроту. Розплавлений метал захищають від окислення і азотування струменем захисного газу, який витісняє атмосферне повітря із зони дуги;



- крім цього може бути зварювання в захисному газі електродом, що плавиться. В зону дуги подається електродний дріт, який плавиться і бере участь в формуванні зварного шва. Розплавлений метал захищають від окислення і азотування так само, як і в першому випадку. Це зварювання ще називають напівавтоматичним (*semi-automatic*) тому, що автоматизують тільки процес подачі електродного дроту;



- дугове зварювання під шаром флюсу - це зварювання, коли електрична дуга горить між основним металом та електродним дротом під шаром сипучого флюсу і розплавленого шлаку, який захищає зварювальну ванну від атмосферного повітря. Зварювання під флюсом ще називають автоматичним тому, що подача електрода в зону дуги та переміщення його вздовж зварюваних кромek виконується автоматично.



Контрольні запитання

1. Які умови необхідно створити, щоб відбулося зварювання?
2. Які є три класу зварювання?
3. Які види зварювання відносяться до термомеханічного класу?
4. Які ви знаєте види термічного класу зварювання?
5. До якого класу відносять електрошлакове зварювання?
6. В чому суть термітного зварювання?
7. Назвіть основні види термічного класу зварювання?
8. Чим відрізняється автоматичне зварювання від напівавтоматичного?
9. Яке призначення флюсу при автоматичному зварюванні?
10. Який спосіб зварювання найпоширеніший?
11. Як називається зварювання плавленням, при якому для нагрівання металу використовується тепло, що виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений шлак?
12. Як називається зварювання, при якому метал розплавляють теплом реакції заміщення оксиду заліза алюмінієм?

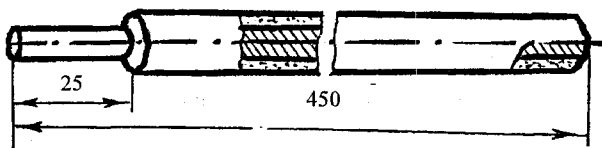
12.2 Сталеві покриті електроди (Навчальний елемент 45)

Цілі

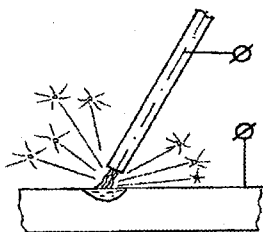
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- ідентифікувати покриття електродів залежно від функціонального призначення речовин, що входять до їх складу;
- визначати будову сталевих покритих електродів для ручного дугового зварювання;
- розрізняти електроди за їх призначенням та основними параметрами (характеристиками).

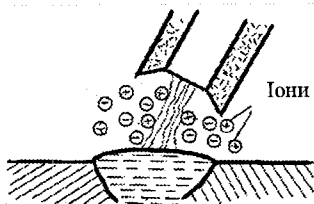
1. Електроди (*electrode*) для ручного дугового зварювання - це стержні довжиною до 450 мм, виготовлені із зварного дроту, на поверхні яких нанесений шар покриття відповідного складу. Один із кінців електрода довжиною 20...30 мм не покривають для затиснення його в електродотримачі з метою забезпечення електричного контакту, а торець другого кінця звільняють від покриття для можливості запалювання дуги за допомогою контакту з виробом.



2. Покриття електродів (*electrode shelter*) повинно забезпечувати легке запалювання і стійке горіння дуги, утворювати комбінований газошлаковий захист, легувати (*alloy*) та рафінувати (*purify*) (очищувати) метал. Для виготовлення покриттів використовують компоненти, описані в кроках 3-8.

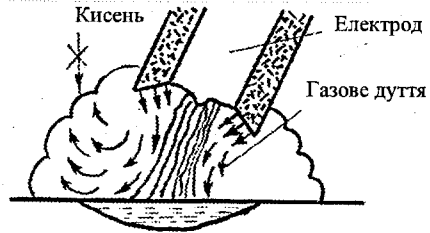


3. Іонізувальні (стабілізувальні) речовини (*ionizing particle*), що використовуються для зниження ефективного потенціалу іонізації (*ionizing potential*). Це забезпечує стабільне горіння дуги. Як іонізуючі компоненти в покриття вводять такі

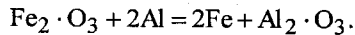


речовини як крейда, мрамур, поташ, польовий шпат та інші.

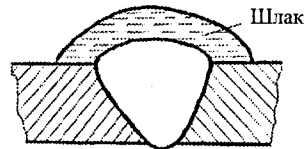
4. Газоутворювальні (*gas-producing*) речовини, які при зварюванні розкладаються або згорають, виділяючи велику кількість газів і утворюючи в зоні дуги газове оболонку (*gas blanked*) (хмарку). Завдяки цій оболонці метал шва захищається від дії атмосферного кисню та азоту. Такими газоутворювальними речовинами є крохмаль, деревне борошно, целюлоза та інші.



5. Розкиснювальні речовини, які мають більшу подібність до кисню і тому відновлюють метал шва. Розкиснювачами слугують феросплави, алюміній, графіт та інші

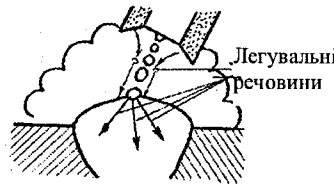


6. Шлакоутворювальні речовини (*slag-making*), утворюють шлаковий захист розплавленого металу шва. Крім того, шлаки активно беруть участь в металургійному процесі при зварюванні і підвищують здатність отримання якісного шва. Як

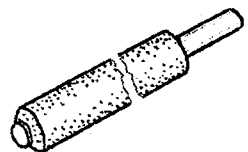


Як шлакоутворювальні речовини використовують польовий шпат, кварц, мрамур, рутил, марганцеву руду і ін.

7. Легувальні речовини (*doped material*), які в процесі зварювання переходять із покриття в метал шва і легують його для придання тих чи інших фізико-механічних властивостей. Такими речовинами є феромарганець, феросиліцій, ферохром, феротитан та інші.

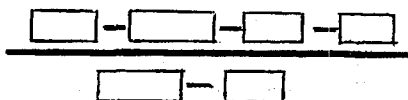


8. І останні речовини, що входять до складу обмазки електродів, - це в'язкі речовини, які призначені для замішування всіх компонентів покриття в вигляді пасти, а також для зв'язування пасти на стержні електрода та придання необхідної міцності

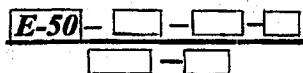


після висихання покриття. Такою речовиною є рідке скло.

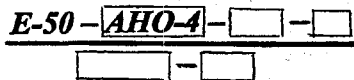
9. В сертифікаті (*certification*) на електроди подається їх умовне позначення, яке є дробовим виразом. В чисельнику виразу записують тип електрода, марку, діаметр, призначення, товщину покриття і групу за якістю виготовлення. В знаменнику записується індекс характеристики металу шва, вид покриття, допустиме просторове положення, індекс роду струму і полярності. Наприклад:

$$\frac{E50 - AHO - 4 - 4,0 - UD2}{E513(5) - B26}$$


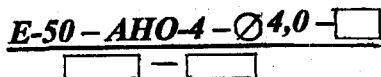
10. Тут E50 – тип електрода. Цифри, які стоять після букви E, означають величину тимчасового опору розриву металу шва в кг/мм² (для переведення в МПа потрібно це значення помножити на 10). Механічні властивості для електродів E40 – E60 встановлені після зварювання, а для електродів типу E70 – E150 – після термічної обробки зварюваного з'єднання згідно з технічними вимогами.

$$\frac{E-50 - \square - \square - \square}{\square - \square}$$


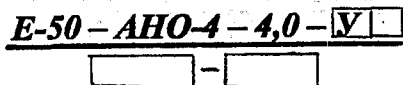
11. АНО-4 – марка електрода;

$$\frac{E-50 - AHO-4 - \square - \square}{\square - \square}$$


12. Число 4,0 – діаметр електрода. Коли до пачки додається типовий сертифікат в умовному позначенні, діаметр не вказується, а в сертифікаті ставиться окремий штамп. На штампі проставляються відомості про діаметри, номер партії і дату випуску електродів.

$$\frac{E-50 - AHO-4 - \text{Ø}4,0 - \square}{\square - \square}$$


13. Літера У – призначення електродів. В даному випадку електроди призначені для зварювання конструкцій з вуглецевої сталі. На цьому місці можуть стояти і інші літери (Л – для легованих конструкційних сталей; Т – для теплостійких сталей; Н – для наплавлення).

$$\frac{E-50 - AHO-4 - 4,0 - Y \square}{\square - \square}$$


14. Буква Д в умовному позначенні означає товщину покриття. В даному випадку покриття товсте. Може стояти літера М – тонке покриття; С – середнє покриття; Г – особливо тонке покриття

E-50 – АНО-4 – 4,0 – УД2

–

15. Літера Е в знаменнику означає „електрод”. Число 513(5) означає групу індексів, які характеризують метал шва

E-50 – АНО-4 – 4,0 – УД2

E513(5) –

16. Літера Б означає вид покриття. В даному випадку покриття основне. Може бути: А – кисле, Р – рутилове, Ц – целюлозне, Ж – покриття з підвищеним складом залізного порошку

E-50 – АНО-4 – 4,0 – УД2

E513(5) – Б

17. Перша цифра в останній групі позначок вказує на допустимі просторові положення при зварюванні цими електродами: 1 – усі положення; 2 – всі, окрім вертикального зверху вниз; 3 – всі, крім вертикального зверху вниз і стельового; 4 – тільки нижнє положення

E-50 – АНО-4 – 4,0 – УД2

E513(5) – Б2

18. Друга цифра в останній групі позначення дає відомості про рід струму і полярності: 0 – зварювання тільки на постійному струмі зворотної полярності; 1 – зварювання на змінному струмі будь-якої полярності; 2 – зварювання на змінному струмі або постійному прямої полярності; 3 – зварювання на змінному струмі або постійному зворотної полярності

E-50 – АНО-4 – 4,0 – УД2

E513(5) – Б26

Контрольні запитання

1. Якою має бути довжина електрода?
2. В якому місці замірюється діаметр електрода?
3. Чому один із кінців електрода не покритий обмазкою?
4. Що забезпечують димоутворювальні речовини, які входять до складу покриття електродів?
5. Чому дорівнює опір розриву металу шва, звареного електродом?
а) 50 МПа; б) 500 МПа; в) 5 МПа.
6. Що означає в сертифікаті на електроди літера „А”?
а) кислий вид покриття; б) основний вид покриття; в) якість металу шва.
7. Що означає в сертифікаті на електроди остання цифра в знаменнику?
а) діаметр електрода; б) просторове положення ; в) рід струму.
8. Що означає E50? а) тип електрода; б) марку електрода; в) сорт електрода.
9. Якою буквою позначаються електроди, призначені для зварювання вуглецевої сталі? а) А; б) В; в) У.

12.3 Джерела живлення зварювальної дуги

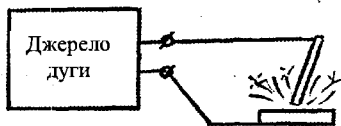
(Навчальний елемент 46)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- визначати вимоги до зварювальних апаратів;
- розрізняти основні види зварного обладнання за призначенням, родом струму та виконанням;
- визначати, що є джерелом зварювальної дуги;
- використовувати основні терміни та означення характеристик зварювальних апаратів.

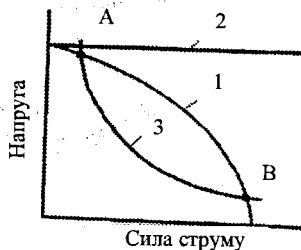
1. Джерелом живлення (*power supply*) зварювальної дуги є електричні машини та апарати, що забезпечують живлення дуги струмом, який підтримує стійкий дуговий розряд. До джерел живлення зварювальної дуги висуваються технічні вимоги, пов'язані із статичною характеристикою дуги, процесом плавлення і перенесення металу при зварюванні, які мають такі особливості:



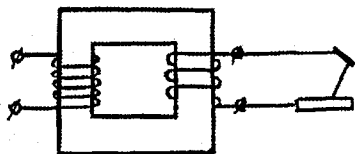
- зварні апарати (*welding apparatus*) повинні бути обладнані пристроєм регулювання сили зварного струму;
- струм тимчасового короткого замикання, що виникає в момент дотику електродом виробу і при перенесенні розплавленого металу на виріб, повинен бути безпечної величини щодо перепалювання обмоток (*winding*) і достатнім для швидкого розплавлення кінця електрода;
- напруга холостого ходу (*idle running*) повинна забезпечувати швидке запалювання дуги, але не створювала ураження зварювальника електричним струмом.



2. Зовнішня вольт-амперна (*volt-ampere*) характеристика джерела живлення – це залежність між величиною зварного струму і напругою на вихідних клеммах зварного апарата. Розрізняють декілька типів зовнішніх характеристик: стрімко спадна 1 і жорстка 2. Статична характеристика дуги зварного апарата 3 в двох точках пересікає стрімко спадну характеристику дуги ((A; B); в точці А відбувається збудження дуги, а в точці В забезпечується стійке горіння дуги.

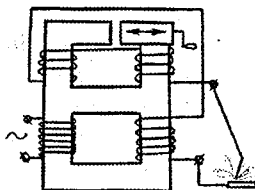


3. Джерела живлення класифікуються залежно від роду струму та принципу дії. Як джерела змінного струму використовують зварні трансформатори (*transformer*), які перетворюють змінну сітвову напругу в понижену, необхідну для зварювання. Це найпростіші та дешеві джерела, які широко використовують при ручному зварюванні покритими електродами.

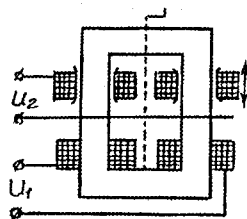


4. Для ручного зварювання використовують зварні трансформатори:

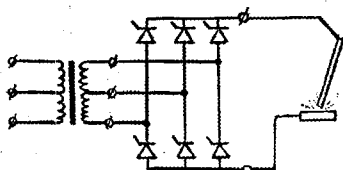
- з рухомими котушками (*coil*);



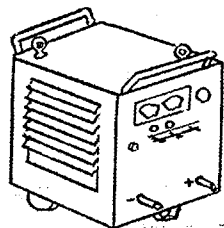
- з рухомими магнітними шунтами (*shunt*);



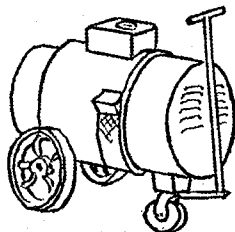
- тиристорні трансформатори.



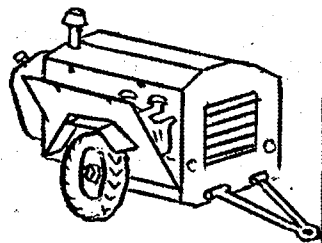
5. Універсальні зварні випрямлячі (*equalizer*). Зовнішні характеристики таких випрямлячів при ручному зварюванні мають спадну характеристику, при зварюванні в захисних газах – жорстку. Вони мають вищий коефіцієнт корисної дії, меншу вагу, кращі технологічні властивості, зручні в експлуатації.



6. Зварні перетворювачі - це комбінація електродвигуна (*electric motor*) змінного струму і зварного генератора (*generator*) постійного струму. Електрична енергія мережі змінного струму перетворюється в механічну енергію електродвигуна, обертає вал генератора і перетворюється в електричну енергію.



7. Зварювальний агрегат складається із двигуна внутрішнього згорання і генератора постійного струму. Хімічна енергія спалювання палива (*fuel*) перетворюється в механічну, а потім - в електричну енергію. Агрегати використовують, в основному, для ручного зварювання в польових умовах, де відсутні електричні мережі.



Контрольні запитання

1. Які є джерела живлення дуги змінного струму?
2. Що таке вольт-амперна характеристика джерела живлення зварювальної дуги?
3. Які є вимоги до джерел зварювальної дуги?
4. Що називають зварювальним генератором? Яку він має будову?
5. Яку будову мають зварні агрегати?
6. Які є способи регулювання струму в зварювальних трансформаторах?

12.3 Техніка ручного дугового зварювання

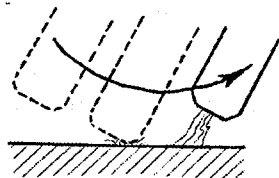
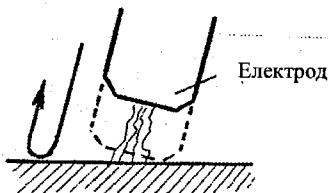
(Навчальний елемент 48)

Цілі

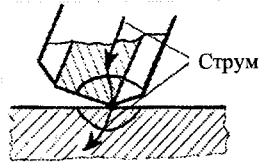
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- розрізняти способи запалювання зварювальної дуги;
- правильно визначати схеми переміщення електрода при ручному зварюванні;
- визначати схеми накладання швів залежно від знаходження шва в просторі;
- використовувати основні терміни та означення при ручному дуговому зварюванні.

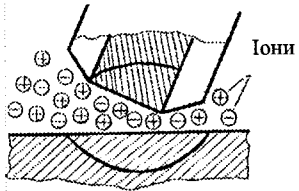
1. Запалювання дуги виконують двома способами: впритул і „сірником” – шляхом дотикання електрода до виробу і його відведення від виробу на відстань 3-5 мм.



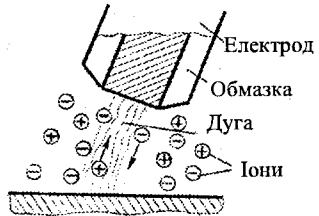
2. В момент дотику електрода напруга в зварювальному ланцюгу падає, а сила струму збільшується.



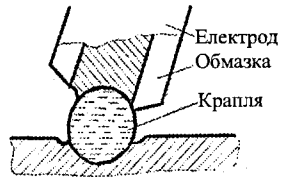
3. В місці дотику через великий електричний опір метал електрода і виробу сильно нагрівається. В результаті чого різко збільшується електронна емісія (*electronics emission*) (відрив електронів від металевої поверхні)



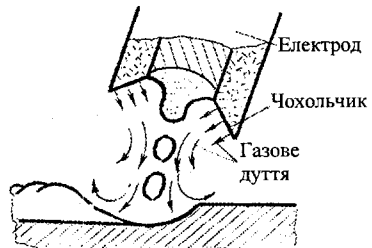
4. При відведенні електрода виникає електрична дуга (потужний електричний розряд в середовищі електронного "газу" між електродами, що знаходяться під напругою) і напруга в зварювальному ланцюгу установлюється в межах 16 – 25 В.



5. Якщо зварник забариться відвести електрод від виробу, може відбутися „примержання” електрода, тобто приварювання його кінця до виробу, оскільки під дією сильного струму кінець електрода швидко розплавляється, а при утворенні краплі розплавленого металу опір в місці дотику різко зменшується і метал застигає.



6. При зварюванні стержень електрода (*electrode shank*) плавиться швидше, ніж обмазка і торець його буде прикритим „чохольчиком” покриття. Інтенсивне газотворення в невеликому об'ємі „чохольчика” приводить до явища газового дуття, яке приводить до більш швидкого переходу капель металу в зварювальну ванну.



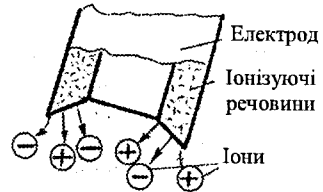
7. Внаслідок тиску газів і потоку електронів, що виходять із кінця електрода в процесі зварювання, на основному металі утворюється заглиблення, яке називається кратером (*crater*).



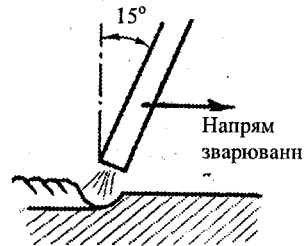
8. Відстань між кінцем електрода і дном кратера називають довжиною дуги, а відстань між поверхнею основного металу і дном кратера – глибиною провару.



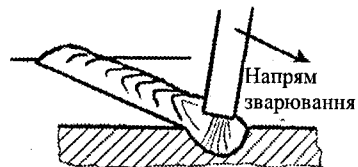
9. Для стабільного горіння дуги до складу покриття електрода вводять елементи з низьким потенціалом іонізації, наприклад калій, натрій та інші.



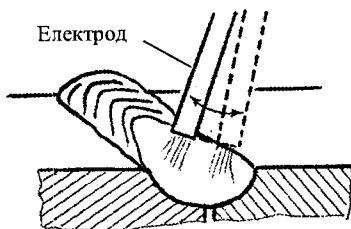
10. Для правильного формування шва електрод необхідно тримати нахилено відносно поверхні зварюваного металу під кутом 15 – 20 градусів до нормалі і в бік напрямку зварювання.



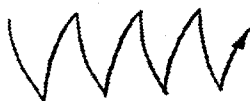
11. Для наплавлення вузького валика, який називають нитковим рухають електрод тільки вздовж шва, без поперечного коливання електрода. Ширина утворюваного шва при цьому на 1 – 2 мм більша діаметра електрода.



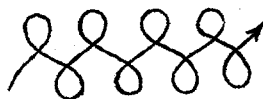
12. При зварюванні товстих листів використовують поперечне переміщення електрода, яке потрібне для отримання шва необхідної ширини, розплавлення зварювальних кромek, сповільнення застигання ванни наплавленого металу, усунення непровару і забезпечення отримання однорідного шва. Для утворення шва необхідної ширини використовують маніпуляцію електродом, яка складається з двох рухів – вздовж шва та поперек в різних варіантах:



- переміщення із затриманням в крайніх точках для кращого проварювання кромek шва;



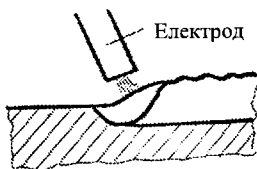
- для тієї ж мети служать петлеподібні переміщення;



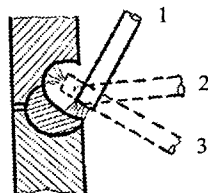
- для кращого прогріву широкого шва використовують переміщення подвійними петлями.



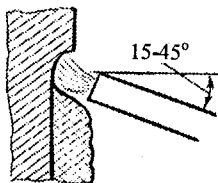
13. Велике значення в техніці зварювання має уміле переривання дуги і повторне її запалювання. При обриванні дуги не допускають утворення кратера, а заплавляють його металом. Заварювання кратера виконують, тримаючи електрод нерухомо до самостійного обривання дуги або частими короткими замиканнями електрода.



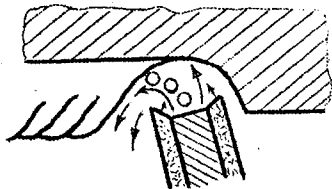
14. При зварюванні горизонтальних швів на вертикальній площині розробку дають тільки верхньому листу, дугу збуджують на нижній кромці, потім поступово переходять на скошену верхню кромку.



15. Вертикальні шви зварювати набагато важче через стікання розплавленого металу вниз. Для зменшення стікання металу роботу ведуть короткою дугою і в напрямі знизу вверху.



16. Зварювання стельових швів ведуть дуже короткою дугою (коротке замикання електрода на деталь). Використовують електроди з тугоплавкою обмазкою, яка утворює навколо кінця електрода „втулочку” („чохольчик”), яка створює направлений газовий потік (газове дуття), що утримує електродний метал.



Контрольні запитання

1. Які є способи запалювання зварювальної дуги і як вони виконуються?
2. Чому при зварюванні електрод може “примерзнути”?
3. Під яким кутом необхідно тримати електрод при зварюванні?
4. Які ви знаєте маніпуляції електродом?
5. Що забезпечує “втулочка” на кінці електрода при зварюванні стельових швів?
6. Які особливості зварювання вертикальних швів?

13 ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ

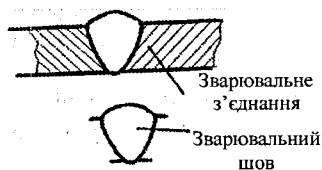
13.1 Зварні з'єднання і шви (Навчальний елемент 48)

Цілі

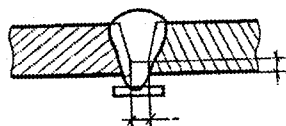
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви зможете:

- ідентифікувати шви за взаємним розташуванням деталей, що зварюються ;
- розділяти шви за основним положенням зварювання в просторі;
- розрізняти шви за зовнішньою формою та кількістю наплавленого металу;
- розрізняти зварні шви за їх протяжністю;
- розрізняти шви щодо діючого зусилля.

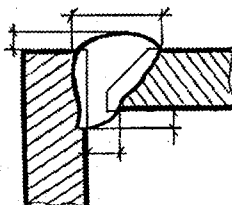
1. Зварні з'єднання поділяються на декілька видів, визначених взаємним розміщенням зварюваних деталей. Зварним швом називають ділянку зварного з'єднання, що утворилась в результаті кристалізації металу зварної ванни.



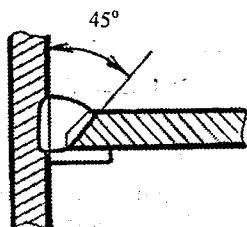
2. З'єднання двох елементів, розташованих в одній площині, приєднаних один до одного торцевими поверхнями (*face surface*), називається стиковим. Форми підготовки торцевих поверхонь (країв) і окреслення зварного стикового шва, одержаного в результаті зварювання. Стандартом передбачено 32 види стикових з'єднань, умовно позначених С1, С2...С28, що мають різну підготовку країв залежно від товщини, розташування зварюваних елементів, технології зварювання і наявність оснащення для обробки країв.



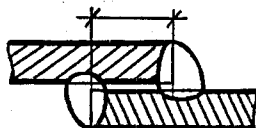
3. Кутовим з'єднанням називають з'єднання двох елементів, розташованих під кутом і зварених в місці дотику їх країв. Таких з'єднань є 10 : від У1 до У10.



4. Тавровим з'єднанням називають зварювальне з'єднання, в якому торець одного елемента приєднаний під кутом і приварений кутовими швами до бічної поверхні іншого елемента. Стандартом передбачено кілька видів таких з'єднань: з Т1 по Т9.



5. З'єднанням внапусток називають таке зварювальне з'єднання, в якому зварені кутовими швами елементи розташовані паралельно і частково перекривають один одного. Стандартом передбачено два таких з'єднання: Н1 і Н2, які відрізняються тільки тим, що в одному з'єднанні приварюються два торці до поверхні елементів, а в другому з'єднанні – тільки один торець



6. Розрізняють зварні шви за формою підготовлених торців поверхонь (кромки) та контурами зварного шва, який отриманий в результаті зварювання. Основними можуть бути такі:

- відбортовка (*flanging*) без зазору, яку виконують для зварювання металу товщиною до 3 мм;



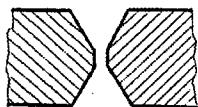
- без скосів, виконують при зварюванні металу товщиною до 4 мм;



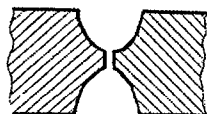
- односторонній скіс, готують для зварювання металу товщиною 13-15 мм;



- двосторонній скіс, рекомендується при зварюванні металу, товщиною більше 15 мм;

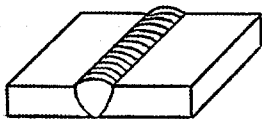


- чашоподібний скіс, виконують при зварюванні металу, товщиною більше 20 мм.

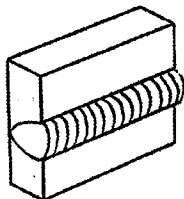


7. Розділяють зварні шви за основним положенням в просторі і можуть бути:

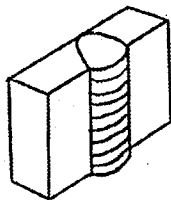
- нижні (Н). Такі шви найлегше виконувати; їх можна розташовувати на нижній горизонтальній площині в будь-якому напрямку;



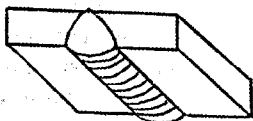
- горизонтальні (Г) – це шви, які розташовані горизонтально на вертикальній площині;



- вертикальні (В). Вони розташовуються вертикально на вертикальній площині;

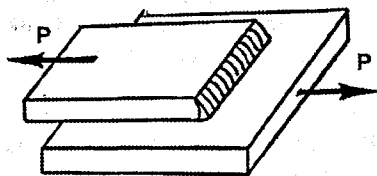


- стельові (П) – це найскладніші для виконання; вони розташовуються в будь-якому напрямку на верхній горизонтальній площині знизу.

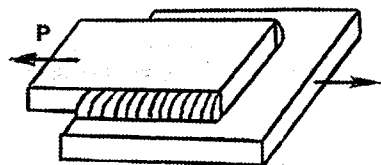


8. Типи швів щодо напрямку діючих на них зусиль поділяють на:

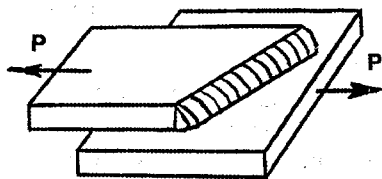
- лобові, що розташовані перпендикулярно до діючого зусилля;



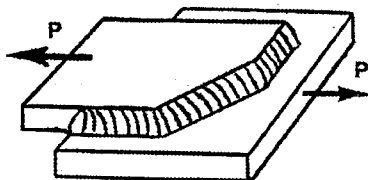
- флангові – паралельно;



- косі – під кутом;

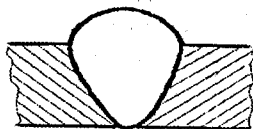


- комбіновані, що розташовані у всіх напрямках одночасно.



9. Розрізняють зварні шви за зовнішньою формою і вони поділяються на:

- опуклі (посилені). Звичайно, при ручному зварюванні використовують опуклі (посилені) шви;



- нормальні (з плоскою поверхнею), в яких плоска поверхня шва досягається регулюванням режиму зварювання або спеціальною механічною обробкою;



- увігнуті, якими роблять кутові шви для підвищення межі витривалості зварного з'єднання. Стикові увігнуті шви є ознакою браку.

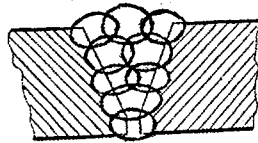


10. Шви за кількістю наплавленого металу і вони можуть бути:

- одношарові - при невеликій товщині деталей, що зварюються;

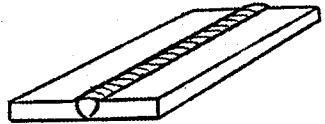


- багат шарові – при великій товщині.

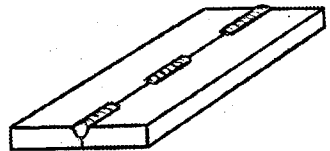


11. Зварні шви розрізняють за їх протяжністю і бувають:

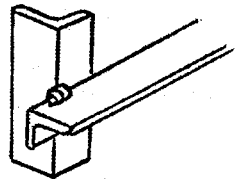
- безперервними – суцільними. Як правило, всі шви виконуються безперервними;



- переривчастими. Вони використовують тоді, коли шов не відповідальний або якщо за розрахунком на міцність не потребується суцільний шов. Їх використовують з метою економії матеріалів, електроенергії і праці зварника.



12. За умовами роботи шви можуть бути робочими чи зв'язуючими (прихватка). Прихваткою називається короткий зварний шов, що використовується для фіксації взаємного розташування, розмірів та форми елементів, які складаються під зварювання.



Контрольні запитання

1. Як вибирають число шарів і проходів при виконанні шва?
2. Які є зварні з'єднання залежно від взаємного розташування елементів?
3. Чим відрізняються зварні шви від зварювальних з'єднань?
4. Що означає зварне з'єднання внапусток?
5. Коли використовують переривчасті шви?
6. Як розрізняють шви за формою розроблених кромek?
7. Які є шви залежно від діючого на них зусилля?

13.2 Режими ручного дугового зварювання

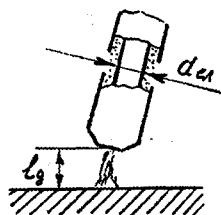
(Навчальний елемент 49)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви зможете:

- вибирати діаметр електрода залежно від товщини металу, що зварюється;
- визначати величину зварного струму залежно від діаметра електрода;
- визначати довжину дуги та вплив на якість наплавленого металу;
- визначати продуктивність розплавлення і наплавлення електродів.

1. Для утворення якісного зварного шва потрібно правильно вибирати режим зварювання, який визначається діаметром електрода ($d_{ел}$), величиною зварного струму (I) і довжиною дуги (l_d)



2. Діаметр електрода визначаєте залежно від товщини металу та типу зварного з'єднання. Для цього користуйтесь такими орієнтовними значеннями

Товщина металу, мм	1-2	3	4-5	5-10
Діаметр електрода, мм	1,5-2,5	3	3-4	4-6

3. Величина зварного струму залежить від товщини металу, що зварюється, типу з'єднання, швидкості зварювання, положення шва в просторі, товщини та виду покриття електрода, його діаметра. Практично величину зварного струму при зварюванні електродами із маловуглецевої сталі можна визначити залежно від діаметра електрода.

$$I_{зв(а)} = k \cdot d_{ел(мм)},$$

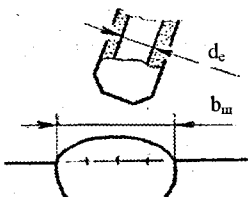
де $I_{зв}$ – сила зварного струму, (а);

$d_{ел}$ – діаметр електрода, мм;

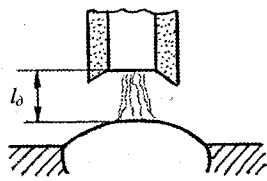
k – коефіцієнт, що дорівнює 40 - 60 для електродів із низьковуглецевої сталі

$$I_{зв(а)} = (40 - 60) \cdot d_{ел}.$$

4. Значення зварного струму впливає на глибину проварення та на форму шва. При ширині шва, що дорівнює 3 – 4 діаметрам електрода, форма шва буде більш правильною.



5. Довжина дуги суттєво впливає на якість шва: чим коротша дуга, тим вища якість наплавленого металу.



$$l_{д} = 0,5 (d + 2).$$

6. Продуктивністю розплавлення електродів називають масу розплавленого дугою електродного металу в одиницю часу. Продуктивність розплавлення (г/год) електродів при зварюванні знаходиться за формулою $\Pi_p = \alpha_p \cdot I_{зв}$, де α_p – коефіцієнт

розплавлення електрода $\alpha_p = \frac{Q_{(гр)}}{I_{зв(a)} \cdot t_{(год)}}$; де $Q_{(гр)}$ – маса

електродного металу, розплавленого струмом, г/(А·год). Звичайно $\alpha = 7 - 22$ г/(А·год), залежно від марки покриття, щільності струму, роду, полярності струму і ін.

7. Розплавлений метал електрода не повністю переноситься в шов, частина його втрачається на розбризкування, випаровування і чад в процесі горіння дуги. Продуктивність перенесення (г/год) електродного металу в шов (продуктивність наплавлення) Π_n знаходиться за формулою:

$$\Pi_n = \alpha_n \cdot I_{зв}.$$

8. Як правило, коефіцієнт наплавлення α_n більший коефіцієнта розплавлення α_p на величину втрат електродного металу. Коефіцієнт втрат електродного металу $\varphi = \frac{\alpha_p - \alpha_n}{\alpha_p} \cdot 100\%$ і складає 3÷20%.

Менше 3% втрат електродного металу звичайно не буває, а втрати більше 20% роблять зварювання електродами при даних умовах нерациональним

$$\varphi = \frac{\alpha_p - \alpha_n}{\alpha_p} \cdot 100\%.$$

Значення коефіцієнтів розплавлення і наплавлення використовують для нормування втрат електродів і часу зварювання.

9. Незалежно від типу і способу виконання зварювальний шов складається із частин основного і електродного металів. Цю частину можна визначити як відношення площі перерізу проплавленого металу ($F_{пр}$) до площі перерізу шва, яка визначається сумою площ наплавленого та проплавленого металу

$$\gamma = \frac{F_{пр}}{F_{пр} + F_n};$$

- площа наплавленого металу знаходиться з виразу $F_n = 0,75 \cdot b \cdot h$, де b – ширина валика шва; h – висота валика шва

$$F_{пр} = 0,75 \cdot b \cdot h;$$

- площу проплавленого металу знаходять з виразу $F_{пр} = 0,75 \cdot b \cdot q$, де b – ширина шва; q – глибина проплавлення.

$$F_n = 0,75 \cdot b \cdot q.$$

Контрольні запитання

1. Як залежить діаметр електрода від товщини металу, що зварюється?
2. Чому дорівнює найменший та найбільший коефіцієнт втрат?
3. Що таке продуктивність розплавлення електродів?
4. Як визначається коефіцієнт втрат?
5. Що визначає коефіцієнт втрат і чому він дорівнює?
6. За якою формулою визначається величина струму залежно від діаметра електрода?
7. Яка різниця між коефіцієнтами розплавлення та наплавлення?

13.3 Позначення швів на кресленні (Навчальний елемент 50)

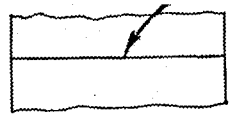
Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

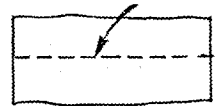
- ідентифікувати умовні позначення зварювальних з'єднань та швів;
- правильно використовувати умовні позначення на кресленні зварювальних швів;
- розрізнити позначення заводських і монтажних зварювальних швів.

1. На кресленнях зварних виробів використовують систему умовного зображення і позначення швів. Шов зварного з'єднання незалежно від способу зварювання умовно зображають:

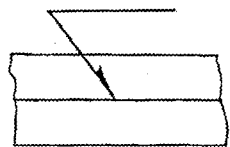
- видимий – суцільною основною лінією;



- невидимий – штриховою лінією.

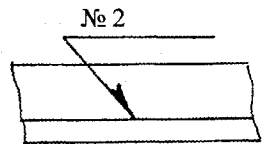


2. Від зображення зварного шва проводять ліній-виноску з односторонньою стрілкою, яка вказує місце розміщення шва. Поличка повинна розміщуватися завжди паралельно основному напису креслення.

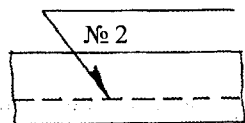


3. Умовне позначення шва зварного з'єднання наносять:

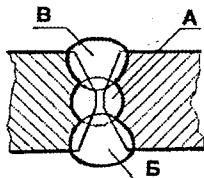
- на поличці лінії-виноски, яка проводиться від зображення шва з лицьової сторони;



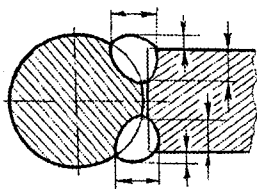
- під поличкою лінії-виноски, яка проводиться від зображення із зворотної сторони.



4. На зображенні перерізу багатопрохідного шва допускається наносити контури окремих проходів, при цьому їх необхідно позначати великими буквами алфавіту.

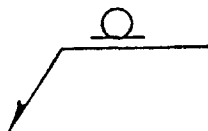


5. Шов, розміри конструктивних елементів якого стандартами не передбачені (нестандартний шов), зображають з нанесенням розмірів конструктивних елементів, необхідних для виконання шва за даними кресленням. Межі шва зображають суцільними основними лініями, а конструктивні елементи країв в межах шва – суцільними тонкими лініями.

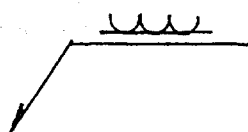


6. На кресленнях проставляються умовні позначення швів зварних з'єднань допоміжними знаками:

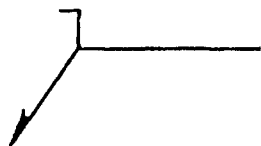
- підсилювання шва зняти;



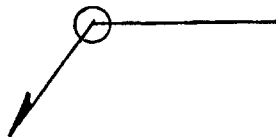
- напливи і нерівності шва обробити з плавним переходом до основного металу;



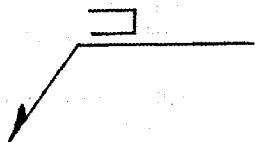
- шов виконати при монтажі, тобто при установленні його за монтажним кресленням і на місці застосування;



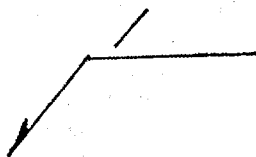
- шов по замкнутій лінії;



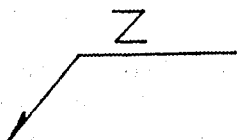
- шов по незамкнутій лінії. Знак застосовують, якщо розташування шва ясно із креслення;



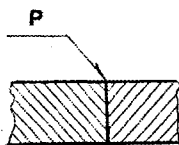
- шов переривчастий або точковий з ланцюговим розташуванням;



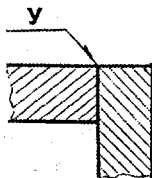
- шов переривчастий з шаховим розташуванням.



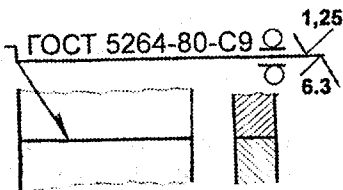
7. На полиці лінії-виноски перед позначенням виду зварювання проставляються буквами позначення способу зварювання: Р – ручна; П – напівавтоматична; А – автоматична.



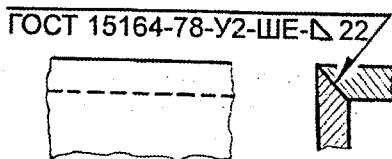
8. Умовне (У) позначення швів за стандартом на типи та конструктивні елементи залежно від взаємного розташування та в просторі.



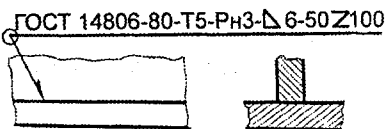
9. Приклад умовного позначення шва стикового з'єднання з криволінійним нахилом одного краю, двосторонній, виконати дуговим ручним зварюванням при монтажі виробу. Посилення зняти з обох сторін. Параметр шорсткості поверхні шва: з лицьової сторони – 1,25 мкм; зі зворотної сторони – 6,3 мкм.



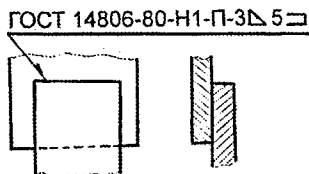
10. Приклад умовного позначення шва кутового з'єднання зі скосом країв, виконаний електрошлаковим зварюванням дротяним електродом. Катет шва 22 мм.



11. Приклад умовного позначення шва таврового з'єднання без скосу країв, двосторонній, переривчастий з шаховим розташуванням, виконаний дуговим ручним зварюванням металевим електродом, що плавиться, за замкнутою лінією. Катет шва 6 мм, довжина завареної ділянки 50 мм, крок 100 мм.



12. Приклад умовного позначення шва з'єднання внапусток без скосу країв, односторонній, виконаний дуговим напівавтоматичним зварюванням в захисних газах електродом, що плавиться. Шов по розімкнутій лінії. Катет шва 5 мм.

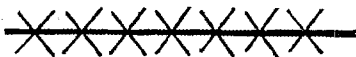


13. На будівельних кресленнях застосовуються такі умовні позначення швів зварних з'єднань:

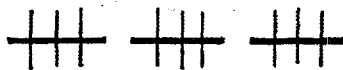
- шов зварного стикового з'єднання суцільний з видимої сторони, заводський;



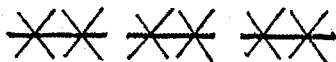
- шов зварного стикового з'єднання суцільний з видимої сторони, монтажний;

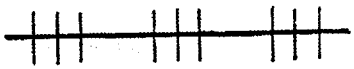






- шов зварного стикового з'єднання суцільний з невидимої сторони, заводський;



- шов зварного стикового з'єднання суцільний з невидимої сторони, монтажний;



- шов зварного стикового з'єднання переривчастий з видимої сторони, заводський; 
- шов зварного стикового з'єднання переривчастий з видимої сторони, монтажний; 
- шов зварного стикового з'єднання переривчастий з невидимої сторони, заводський; 
- шов зварного стикового з'єднання переривчастий з невидимої сторони, монтажний; 
- шви кутових, таврових і напускних стиків позначаються так само, як і стикові, тільки позначки зміщені в бік зварного шва. 

Контрольні запитання

1. В якому випадку умовне позначення шва проставляється під полчкою?
2. Як позначаються на кресленні видимі і невидимі шви?
3. Поясніть, що означає Т1, Т3, С2, У4?
4. Які спрощення використовують при позначенні зварних швів на кресленні?
5. За допомогою чого позначається шов по замкнутій лінії?
6. Як позначається на кресленні зварного шва "посилення зняти"?
7. Як позначається на будівельному кресленні монтажний шов з невидимої сторони?
8. Чим відрізняється позначення монтажного шва на кресленнях машинобудівних і будівельних?

14 ГАЗОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ТА РІЗАННЯ МЕТАЛІВ

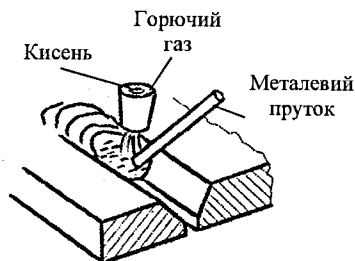
14.1 Суть газового зварювання (Навчальний елемент 51)

Цілі

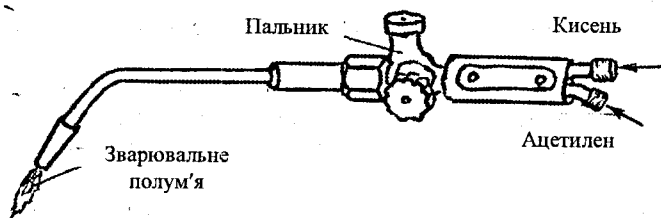
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- визначати, що таке газове зварювання;
- розрізняти основні зони зварного полум'я;
- визначати зварювальне полум'я залежно від співвідношення кисню і горючого газу;
- визначати параметри газового зварювання.

1. Газовим зварюванням (*gas welding*) називають зварювання плавленням, при якому нагрівання кромки з'єднуваних частин і присаджувального матеріалу виконується теплом зпалювання горючих газів в кисні.

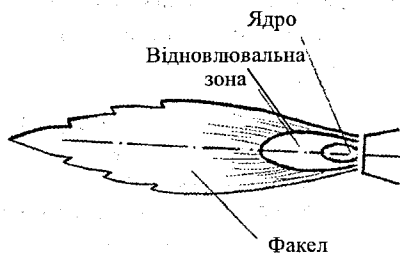


2. Основним інструментом для зварювання є зварювальний пальник (*torch*), який призначений правильно змішувати гази і створювати стійке зварювальне полум'я



3. Зварювальне полум'я можна розділити на три чітко виражені зони:
 - ядро – конус із закругленою вершиною, має світну оболонку. Ядро складається із продуктів розпаду ацетилену та розжарених частинок вуглецю, які виділяються і згорають на зовнішньому шарі оболонки;

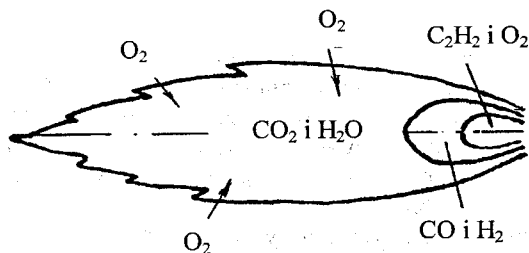
- відновлювальна зона своїм темним (голубим) кольором значно відрізняється від ядра. Вона складається в основному із оксиду вуглецю і водню, які з'явилися в результаті часткового спалювання ацетилену. В цій зоні створюється найвища температура полум'я;



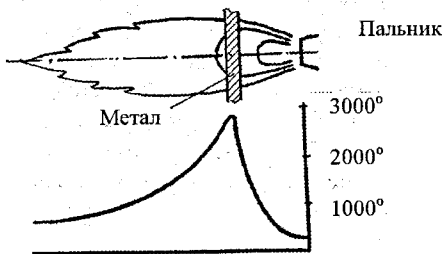
- факел розташовується за відновлювальною зоною і складається із вуглекислого газу і парів води, які отримуються в результаті спалювання оксиду вуглецю і водню, що надходять із відновлювальної зони.

4. Для повного згорання одного об'єму ацетилену потрібно два з половиною об'єму кисню. Кисень надходить із кисневого балона. Горіння ацетилену можна подати такими реакціями:

- на першій стадії $C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2$;
- на другій – за рахунок кисню навколишнього повітря протікає реакція $CO + H_2 + 1,5O_2 = 2CO_2 + H_2O$.

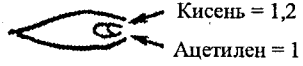


5. Згідно із розподіленням температури вздовж осі ацетилено-кисневого полум'я максимальна температура, яка досягає 3150 градусів, знаходиться на відстані 3...5 мм від кінця ядра. Цією частиною полум'я виконують нагрівання та розплавлення металу.

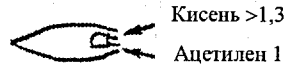


6. Змінюючи співвідношення кисню і горючого газу можна отримати нормальне, окислювальне або науглецьовувальне зварювальне полум'я:

- нормальне полум'я характеризується відсутністю вільного кисню і вуглецю в другій (відновлювальній) зоні і досягається при подачі в пальник 1,1 – 1,2 об'єму кисню на один об'єм ацетилену;



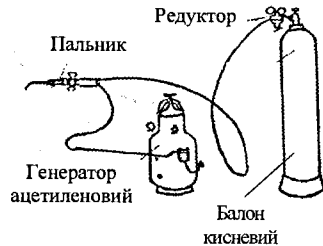
- окислювальне полум'я отримується при подачі на один об'єм ацетилену більше 1,3 об'єму кисню. Таке полум'я має більш високу температуру. Проте при зварюванні низьковуглецевої сталі лишок кисню сприяє окисленню заліза і метал стає пористим і крихким;



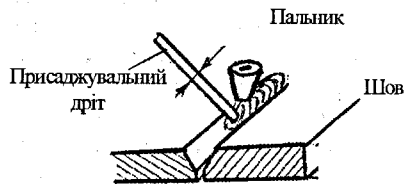
- науглецьовувальне полум'я характеризується надлишком ацетилену, коли в пальник потрапляє 0,95 і менше об'єму кисню.



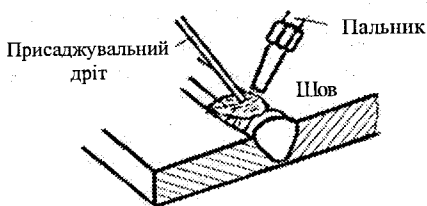
7. Якість зварного з'єднання забезпечується правильним підбором режиму і техніки зварювання. Метод газового зварювання дуже простий, універсальний, він не потребує дорогого обладнання та використовується в заводських умовах, а також при будівельно-монтажних та ремонтних роботах у всіх галузях.



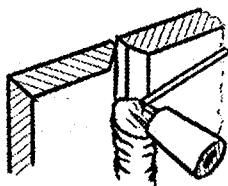
8. Діаметр присаджувального зварного дроту вибирають відповідно до товщини основного металу. Для вибору діаметра присаджувального дроту при зварюванні металу товщиною до 10 мм можна користуватися виразом $d = 0,5s + 1$.



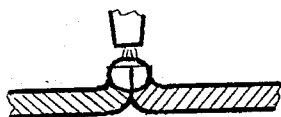
9. Для зварювання спочатку ділянку металу нагрівають полум'ям пальника до утворення рідкої зварювальної ванни. Після цього в ванну вводять кінець присаджувального дроту, який, розплавляючись, утворює шов.



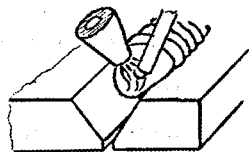
10. Газовим зварюванням можна виконувати шви в будь-якому положенні. Найраціональніший спосіб зварювання – з'єднання впритул.



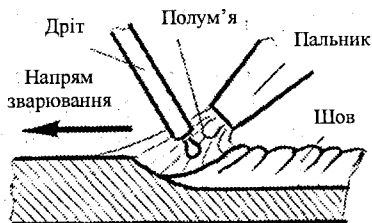
11. Листова сталь товщиною до 2 мм зварюється з відборткуванням кромки без присаджувального матеріалу.



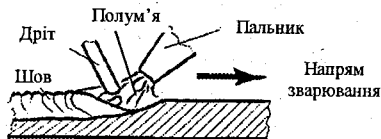
12. При зварюванні металу більшої товщини виконують одно- або двосторонню розробку кромки.



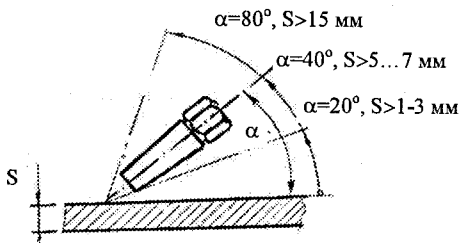
13. При зварюванні металу товщиною до 3 мм використовують ліве зварювання, при якому пальник рухається справа наліво. Присаджувальний дріт знаходиться зліва від пальника і рухається спереду полум'я.



14. При товщині металу більше 5 мм використовують праве зварювання: палик рухається попереду зварного дроту зліва направо.



15. Кут нахилу палика до поверхні, що зварюється, залежить від товщини металу. Із збільшенням товщини металу кут нахилу палика до поверхні зменшується.



Контрольні запитання

1. Що таке газове зварювання?
2. Чому дорівнює максимальна температура газового полум'я?
3. Як розподіляється температура вздовж осі зварного полум'я?
4. Чим відрізняється ліве зварювання від правого і коли вони використовуються?
5. Що визначає кут нахилу палика до поверхні, що зварюється?
6. Від чого залежить діаметр зварного дроту?

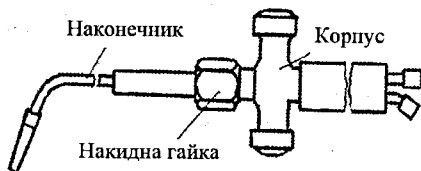
14.2 Обладнання газового зварювання (Навчальний елемент 52)

Цілі

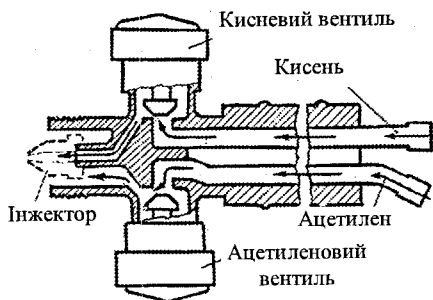
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- визначати будову та призначення обладнання газового зварювання;
- вибирати необхідне обладнання для газового зварювання;
- збирати станцію газового зварювання;
- налагоджувати роботу обладнання газового зварювання.

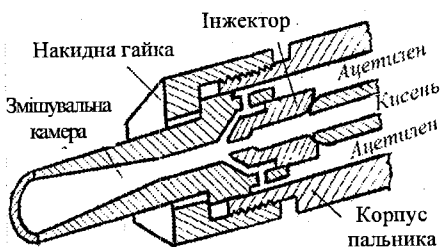
1. Зварювальний палик є основним інструментом газозварника. Він призначений для правильного змішування горючого газу з киснем та отримання стійкого зварного полум'я необхідної потужності. Палик складається із двох основних частин – корпусу і наконечника.



2. Для виконання ручного зварювання велике використання отримали ацетилено-кисневі інжекторні (*injector*) пальники. Вони працюють за принципом підсмоктування ацетилену, тиск якого має бути нижче 0,01 МПа (для відома тиск кисню 0,15...0,5 МПа).

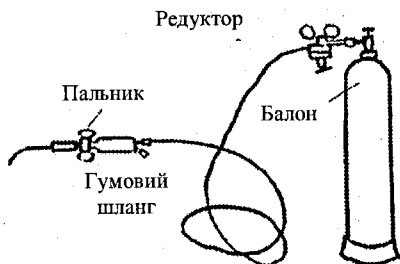


3. Кисень по трубці поступає до вентиля, а через нього в інжектор. Виходячи з великою швидкістю із інжектора в змішувальну камеру, струмінь кисню створює розрідження, яке викликає підсмоктування ацетилену. Ацетилен



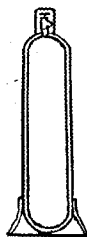
поступає по шлангу через корпус пальника і вентиль в змішувальну камеру, де утворює з киснем горючу суміш. Отримана суміш по трубці наконечника виходить в атмосферу, де спалюється, створюючи зварювальне полум'я.

4. Кисень подається до пальника від кисневого балона ємністю 40 л, в якому при максимальному тиску 15 МПа знаходиться 6 м³ кисню. Балон пофарбований в голубий колір і має напис чорними літерами "Кисень".

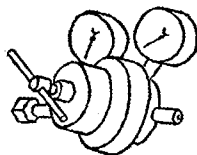


Оскільки деякі речовини (жири, масла) в середовищі стисненого кисню можуть самозагоратися, при роботі з кисневим балоном необхідно бути особливо обережним!

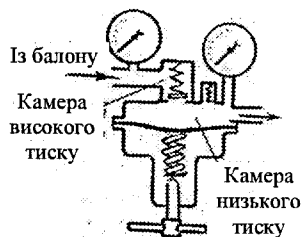
5. Балон - це циліндрична ємність (із безшовної труби) з випуклими днищами. Для надання балону стійкості в робочому (вертикальному) положенні на його нижню частину напресований башмак з квадратною основою. Горловина балона має конусний отвір з різьбою, куди вкручується запірний вентиль.



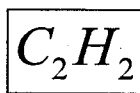
6. Для зниження тиску кисню, який відбирають із балона, до робочого тиску і для підтримання його постійним в процесі зварювання використовують редуктори (*reducer*).



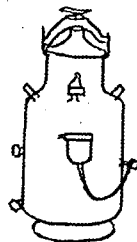
7. Кисень із балона через штуцер надходить в камеру високого тиску корпусу. В неробочому стані редуктора проходження газу із камери високого тиску в камеру низького тиску закритий клапаном, притиснутим до сідла. (Див. НП "Будова та робота кисневого редуктора").



8. Для газового зварювання як горюче найчастіше використовують ацетилен C_2H_2 , при горінні в технічно чистому кисні він дає найвищу температуру полум'я (3150°) і виділяє найбільшу кількість тепла.



9. Ацетиленовий генератор (*acetylenic generator*) призначений для утворення ацетилену при взаємодії карбіду кальцію з водою. На будівництві і при ремонті систем газо-, водопостачання частіше використовують генератори продуктивністю $1,25 \text{ м}^3/\text{год}$. Будову та заправлення рухомого ацетиленового генератора типа АСП-1,25 надано в НП "Будова та заправлення ацетиленового генератора".



Контрольні запитання

1. Яке обладнання входить до складу станції газового зварювання?
2. Які речовини беруть участь в газовому зварюванні?
3. Яку роль виконує в пальнику інжектор?
4. Чому для газового зварювання із горючих газів використовують головним чином ацетилен?
5. Яку роль виконує кисневий редуктор?
6. Яке призначення ацетиленового генератора?
7. Що забезпечує вода при газовому зварюванні?

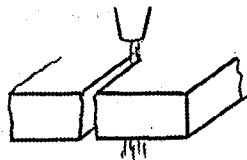
14.3 Термічне різання металів (Навчальний елемент 53)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

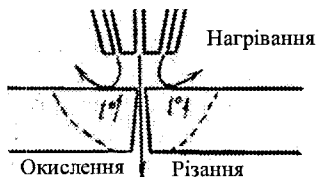
- визначати суть термічного різання;
- вибирати обладнання для термічного різання металу;
- визначати області застосування кисневого різання;
- розрізняти будову різачка від пальника;
- визначати призначення складових частин різачка.

1. Термічним різанням називають процес відділення частин (заготовок і ін.) металу від сортового або листового завдяки його окисненню або плавленню, або сумісно того й іншого.

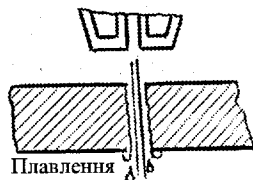


2. Відповідно до цього різання поділяють на:

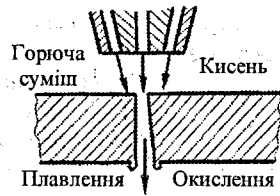
- окисненням, яке полягає в нагріванні місця різання до температури займання (температури початку горіння) металу, спалювання підігрітого металу в кисні і видалення продуктів горіння струменем кисню. Основним видом цього є кисневе різання.



- плавленням, яке полягає в нагріванні місця різання сильним сконцентрованим джерелом до температури, вищої температури плавлення металу, і видаленні розплавленого металу із місця різання силами, які беруть участь в процесі різання. Основними видами цього різання є плазмове, лазерне, дугове і ін;



- плавленням – окисненням, суть якого в одночасному плавленні і окисненні металу і видаленні продуктів різання силами, які беруть участь в процесі різання. Основні види - це: киснево-дугове, киснево-плазмове, киснево-лазерне.



3. Кисневе різання може відбуватися тільки в тому випадку, коли температура спалахування металу нижча, ніж температура його плавлення. В цьому випадку метал горить в твердому стані; поверхня розрізу утворюється гладкою, продукти горіння в вигляді шлаку легко видаляються із порожнини розрізу кисневим струменем і форма розрізу залишається постійною.

$$t^{\circ}_{\text{спал.}} < t^{\circ}_{\text{плавл.}}$$

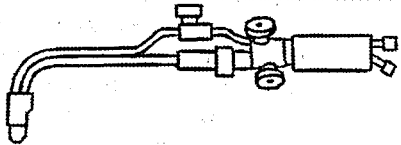
4. І ще одна умова кисневого різання: температура плавлення оксидів і шлаків, які утворюються при різанні, повинна бути нижча температури плавлення металу.

$$t^{\circ}_{\text{пл. шлаку}} < t^{\circ}_{\text{пл. мет.}}$$

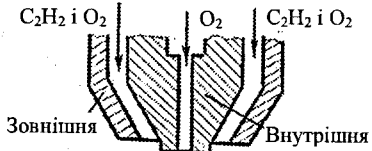
5. Цим умовам відповідає вуглецева сталь з вмістом вуглецю до 0,7%. Не піддаються газовому різанню: чавун, високолеговані сталі, кольорові сплави, оскільки температура плавлення оксидів вище температури плавлення металу.

$$\text{Fe} : \text{C} < 0,7\%$$

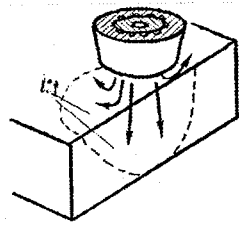
6. Конструкція інжекторного різачка подібна до конструкції інжекторного пальника і відрізняється тим, що різачка має допоміжну трубку для різального кисню і особливу будову головки (див. НП „Обладнання газового зварювання“)



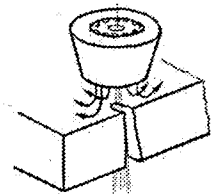
7. Головка інжекторного різачка має два змінних мундштуки (зовнішній – для підігрівального полум'я і внутрішній – для струменя чистого кисню)



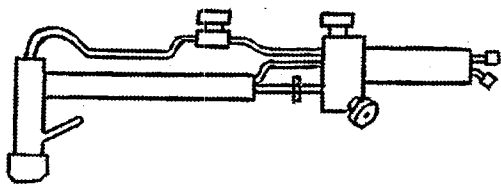
8. Різання починають з нагрівання металу. Підігрівальне полум'я різача направляють на край металу, який розрізається, і нагрівають до температури спалахнення його в кисні.



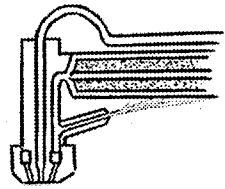
9. Потім пропускають струмінь різального кисню і переміщують різак вздовж лінії розрізування.



10. Для підігрівального полум'я використовують пари газу, а пристрої називаються газовими різачами. Для перетворення рідкого газу в пару різак обладнаний випарником, який є трубкою, заповненою азбестовим сплетінням.



11. Для нагрівання випарника існує допоміжний мундштук, розміщений в головці різача.



Контрольні запитання

1. Які умови кисневого різання металів?
2. Назвіть способи термічного різання металу.
3. За допомогою чого нагрівається випарник?
4. Яке призначення допоміжної трубки різача?
5. Чим відрізняється різак від пальника?
6. В чому сутність різання металів окисненням?
7. Яка будова газового різача?

14.4 Будова та робота кисневого редуктора

(Навчальний елемент 54)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- визначити будову, призначення та принцип дії редуктора;
- вибирати редуктор для газового зварювання та різання;
- правильно використовувати кисневий редуктор;
- регулювати подачу кисню до пальника.

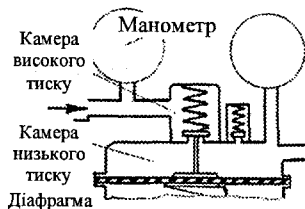
1. Редуктор призначений для зниження тиску газу (кисню), який відбирають із балона, до робочого тиску і автоматичного підтримання його постійним незалежно від тиску газу в балоні в процесі зварювання.



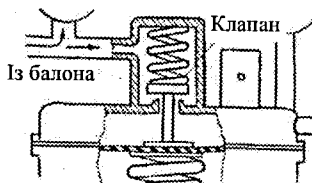
2. Редуктор складається з двох частин – корпусу та кришки корпусу, між якими знаходиться гумова діафрагма.



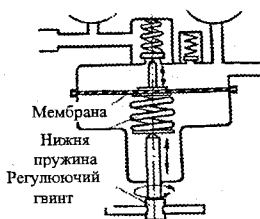
3. Корпус редуктора розділений на дві камери: високого тиску і низького тиску. Камера високого тиску безпосередньо з'єднується з балоном, і тиск кисню в ній дорівнює тиску кисню в балоні.



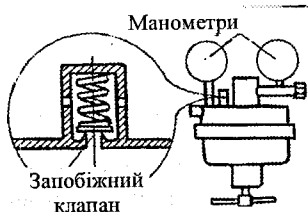
4. Між першою і другою камерами знаходиться клапан (valve), на який діють дві пружини: одна – зверху, інша - знизу. Залежно від співвідношення зусиль стиснення цих пружин клапан буде відкритим або закритим. Чим сильніше стиснена нижня пружина, тим більш відкритий клапан і тим вищий тиск в камері низького тиску.



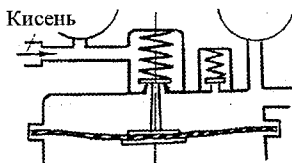
5. Регулювання зусилля стиснення нижньої пружини досягається обертанням регулювального гвинта. Загвинчування регульовального гвинта стискає нижню пружину, а відгвинчування гвинта зменшує зусилля стиснення пружини. Для закриття клапана необхідно повністю ослабити пружину.



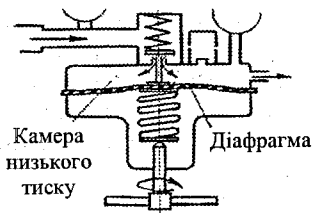
6. Редуктор має запобіжний клапан. Тиск в обох камерах вимірюються манометрами. Робота редуктора починається з того, що редуктор приєднується до балона через штуцер накидною гайкою.



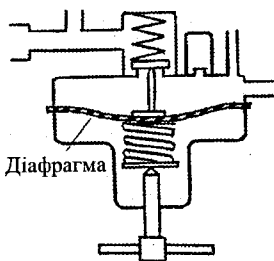
7. Кисень із балона через штуцер надходить в камеру високого тиску корпуса. В неробочому стані редуктора прохід газу із камери високого тиску в камеру низького тиску закритий клапаном, притиснутим до сідла.



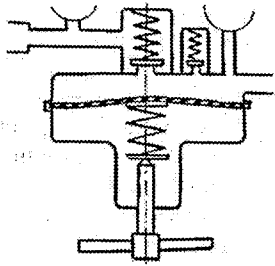
8. При вгвинчуванні регульовального гвинта в кришку корпуса пружина стискається і переміщує вверх гумову мембрану разом з передатним штифтом. Штифт відкриває клапан, тим самим з'єднує камеру високого тиску з камерою низького тиску. Кисень надходить в камеру до тих пір, поки тиск його на мембрану не врівноважить силу дії пружини. В цьому положенні витрати і надходження кисню будуть однакові.



9. Якщо витрати кисню зменшаться, то тиск в камері підвищиться. Тиск кисню відтисне мембрану вниз і стисне натискну пружину. Клапан закриє отвір сідла, і надходження кисню в камеру зупиниться.



10. При збільшенні витрат кисню тиск в камері знизиться, мембрана відтисне клапан від сідла і тим самим збільшиться надходження кисню із балона. Таким чином автоматично підтримується постійний тиск кисню, що подається в пальник.



Контрольні запитання

8. Яке призначення редуктора?
9. Яким чином регулюється тиск кисню?
10. Яке призначення гумової діафрагми?
11. Чому в кисневому редукторі два манометри?
12. За допомогою чого регулюється тиск кисню?
13. Що регулюють регулювальним гвинтом?
14. Яке призначення запобіжного клапана?
15. Що забезпечують пружини?

14.5 Будова та робота ацетиленового генератора (Навчальний елемент 55)

Цілі

- Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:
- визначати, що таке ацетиленовий генератор і яке його призначення;
 - визначати складові будови ацетиленового генератора;
 - завантажувати генератор компонентами для отримання ацетилену;
 - правильно готувати ацетиленовий генератор до роботи.

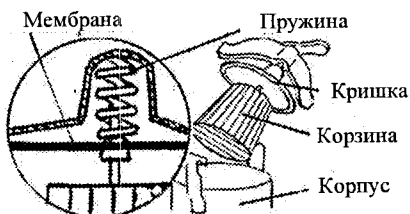
1. Ацетиленовий генератор призначений для утворення ацетилену при взаємодії карбіду кальцію з водою. Ацетиленові генератори розрізняються за тиском, за способом установлення – переносні та стаціонарні; за продуктивністю. На будівництві і при ремонті систем газоводопостачання частіше використовують переносні генератори продуктивністю 1,25 м³/год.



2. Переносний ацетиленовий генератор - вертикальний циліндричний апарат, що складається із корпусу, кришки, манометра, запобіжного клапана, вентиля, запобіжного затвору і інших елементів.



3. Між корпусом і кришкою знаходиться мембрана, зверху якої закріплена пружина, а знизу - корзина для карбіду (carbide) кальцію.

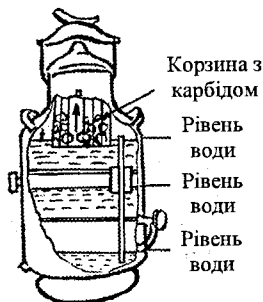


4. Корпус складається із трьох частин: верхньої - газоутворювача, середньої - витискача і нижньої - промивача і газозбірника. Верхня частина корпусу з'єднана з нижньою переливною трубкою.



5. Регулювання кількості розкладеного карбіду кальцію в газоутворювачі проходить двома способами:

- вертикальним рухом корзини з карбідом кальцію в воду або із води на відповідну висоту;



– за рахунок роботи витискувача, в якому знаходиться повітряна подушка і вода, яка з'єднується з водою в газоутворювачі.

6. Вода в газоутворювач заливається через горловину.



7. При досягненні рівнем води переливної трубки вода поступає із газоутворювача в промивач. Заповнення промивача відбувається до рівня контрольної пробки.



8. Завантажують в корзину карбід кальцію і її установлюють в горловину корпуса генератора.



9. Ущільнення кришки з горловиною забезпечується гумовою мембраною зусиллям, створеним гвинтом.



10. Ацетилен, що утворився в газоутворювачі, по переливній трубці надходить в промивач, проходить через шар води, охолоджується і промивається.



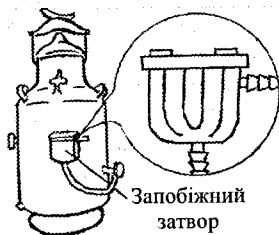
11. Із промивача ацетилен проходить через вентиль, по шлангу надходить в запобіжний затвор, а звідти - до пальника.



12. Запобіжний клапан призначений для скидання надлишкового тиску ацетилену в випадку його можливого підвищення.



13. Зливання мулу із газоутворювача і мулової води із промивача виконують через штуцери.



14. Запобіжний затвор слугує для запобігання генератора від проникнення в нього вибухової хвилі при зворотньому ударі полум'я.



Контрольні запитання

1. Яке призначення ацетиленового генератора?
2. З яких основних частин складається ацетиленовий генератор?
3. Яке призначення мембрани?
4. На які три частини розділений корпус ацетиленового генератора?
5. Яке призначення запобіжного затвора?
6. Як регулюється кількість карбіду кальцію, що вступає в реакцію з водою?
7. Що забезпечує контрольна пробка?

15 ДЕФОРМАЦІЇ ТА ДЕФЕКТИ ПРИ ЗВАРЮВАННІ

15.1 Виникнення деформацій та способи їх зменшення

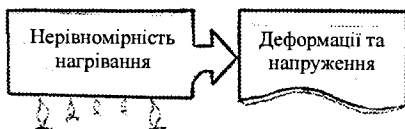
(Навчальний елемент 56)

Цілі

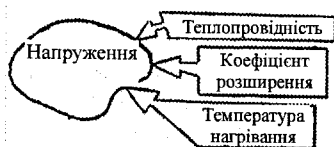
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- ідентифікувати деформації та напруження, що виникають при зварюванні;
- визначати причини виникнення деформацій та напружень при зварюванні;
- визначати основні способи зменшення деформацій та напружень.

1. В результаті місцевого та нерівномірного нагрівання металу при зварюванні в конструкціях виникають внутрішні напруження, які призводять до зміни геометричних форм, жолоблення та деформації окремих елементів або всієї конструкції. Основною причиною виникнення зварювальних деформацій та напружень є нерівномірний нагрів і охолодження конструкцій.

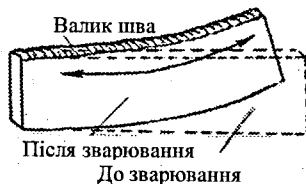


2. При зварюванні утворюється (виникає) місцеве нагрівання невеликого об'єму металу, який, розширюючись, діє на сусідні менше нагріті шари металу. Напруження, які виникають при цьому, залежать головним чином від температури нагрівання, коефіцієнта лінійного розширення, теплопровідності металу, який зварюється.

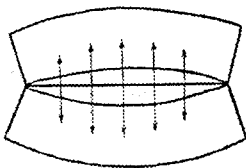


лінійного розширення,

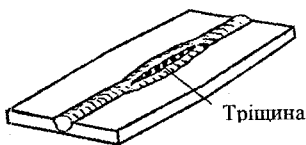
3. Повздовжніми називають напруження, які діють паралельно осі шва. Вони виникають від повздовжньої усадки швів та шарів, які примикають до основного металу в результаті спільної дії нерівномірного нагрівання вздовж лінії шва та ливарної усадки розплавленого металу.



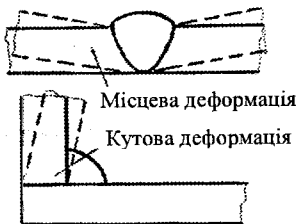
4. Поперечні напруження та деформації виникають від поперечної усадки зварних швів і прилеглих зон металу через різночасне охолодження їх по довжині та перерізу, а також від дії закріплених деталей, які зварюються. Якщо розрізати зварювальне з'єднання по осі шва, то утвориться викривлення пластин.



5. Напруження від поперечної усадки при несприятливих умовах призводить до появи тріщин та розривів в зварювальних з'єднаннях.



6. Кутові та місцеві деформації виникають через нерівномірну ливарну усадку металу по перерізу шва при зварюванні стикових швів з Y-подібною розробкою країв і при зварюванні кутових швів.



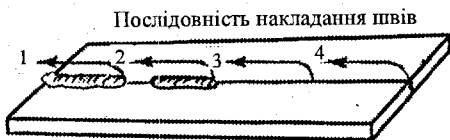
7. У таврових зварних з'єднаннях кутова деформація призводить до скривлення перерізу полицок.



8. Основними способами зменшення напружень та деформацій є:

– раціональна технологія зварювання, яка включає правильний вибір виду і режиму зварювання, а також правильну послідовність накладання швів.

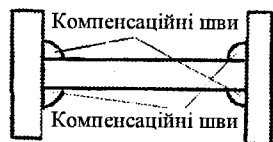
Наприклад, при ручному зварюванні деформація створюється вдвічі більшою, ніж при автоматичному;



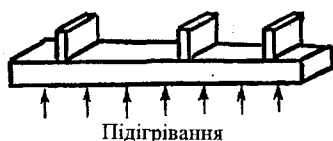
– раціональне закріплення деталей перед зварюванням впливає на величину напружень і деформацій. З цієї метою використовують пристосування і кондуктори, які забезпечують жорстке закріплення деталей, що з'єднують при зварюванні чи охолодженні;



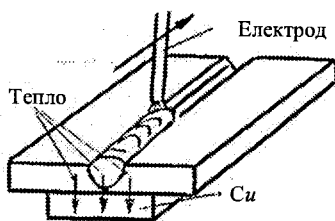
– компенсаційні шви зменшують деформації, коли наступний шов викликає деформацію в зворотну сторону відносно отриманої деформації попереднього шва;



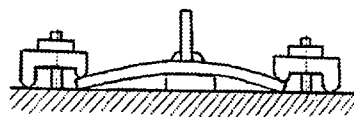
– підігрівання конструкції перед зварюванням зменшує нерівномірність розподілення температур в зоні зварювання та швидкість охолодження металу;



– збільшення відведення тепла від конструкції, що зварюється. Це зменшує об'єм нагрітого металу і, відповідно, його деформацію. Охолодження досягається зануренням частини деталі (конструкції) в воду або використанням мідних підкладок під деталь;



– жорстке закріплення збірних деталей використовують для тонких деталей (до 8 мм); при більшій товщині – еластичне, піддатливе кріплення.



Контрольні запитання

1. Які є причини виникнення деформацій зварних конструкцій?
2. Яка головна причина виникнення деформацій?
3. Які ви знаєте види зварювальних напружень?
4. За допомогою чого можна зменшити зварні напруження та деформації?
5. Які Ви знаєте способи зменшення деформацій?
6. Яке призначення мідних підкладок?
7. З якою метою нагрівають конструкцію перед зварюванням?

15.2 Дефекти швів при зварюванні плавленням (Навчальний елемент 57)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- ідентифікувати дефекти (*defect*) за суттю і зовнішнім виглядом;
- визначати причини виникнення дефектів при зварюванні;
- використовувати основні терміни та означення дефектів зварних швів.

Дефекти зварних швів виникають через порушення технологічного процесу виготовлення зварної конструкції, використання неякісних зварювальних матеріалів та низької кваліфікації зварювальника. Усі дефекти розділяються на зовнішні і внутрішні.

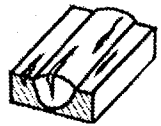
1. Тріщини створюють несучільність матеріалу для силового потоку і внаслідок цього місцеву концентрацію напруг з різким падінням динамічної вібраційної міцності конструкції. Залежно від властивостей зварних швів біля шовного металу тріщина може поширитися на значну довжину. Тріщини вважаються найнебезпечнішим дефектом зварювання. Тріщини можуть бути:



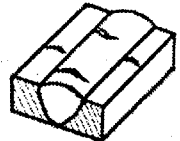
- мікротріщини, які мають мікроскопічні розміри, що виявляються при десятикратному і більшому збільшенні;



- поздовжні тріщини – це тріщини, які зорієнтовані вздовж зварного шва;



- поперечні тріщини – це тріщини, які зорієнтовані поперек зварного шва.

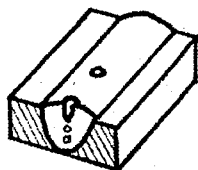


2. Прожилка газова створюється газом, затриманим під час кристалізації. Найчастіше має сферичну форму. Пористість шва створює місцеву концентрацію напружень, зменшує

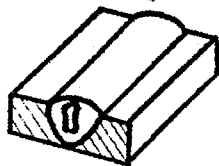


фізичну суцільність металу і може призвести до передчасного руйнування конструкції під навантаженням. Прожилка може бути у вигляді:

– свища – це трубоподібна порожнина у металі зварного шва, яка виникла в результаті виділення газу;



– усадкової камери – це порожнина, яка утворюється внаслідок усадки металу під час затвердіння;



– усадкової раковини в кратері – незаповнене металом заглиблення в кінці валика зварного шва під час його виконання.



3. Тверді включення – сторонні речовини в металі зварного шва. Ці дефекти виникають при неправильно вибраному режимі зварювання, коли шлаки та оксиди не встигають спливати на поверхню і залишаються в металі шва. Ці включення поділяються на:



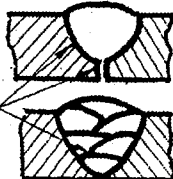
– шлакове включення. Шлак, який попав у метал зварного шва;



– металеве включення. Частини стороннього металу, які потрапили в метал зварного шва.

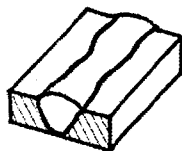


4. Непровар – місцеве несплавлення зварних кромок основного і наплавленого металів внаслідок низької кваліфікації зварника, неякісної підготовки кромок,



зміщення електрода до одної із кромек, швидкого переміщення електрода по шву.

5. Недосконалість форми зовнішніх поверхонь зварного шва або недосконала геометрія з'єднання можуть бути такими:



– підріз (*paring*) – вузьке заглиблення в основному металі вздовж краю зварного шва – утворюється при зварюванні великим струмом або великою довжиною дуги;



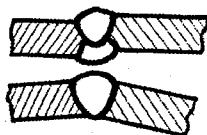
– надмірна випуклість шва – надлишок наплавленого металу на лицьовій поверхні стикового шва;



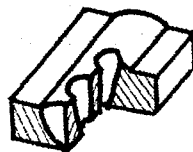
– наплив – надлишок наплавленого металу біля межі зовнішньої поверхні зварного шва, що натік на поверхню основного металу і не сплавився з ним;



– лінійні зміщення – зміщення між двома зварними елементами;



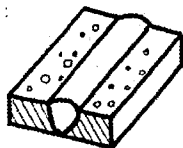
– пропал – видавлення розплавленого металу з дна зварної ванни або при повному проплаві з'єднуваних елементів, внаслідок якого утворюється отвір у зварному шві.



– незаплавлений кратер чи поганий початок процесу зварювання.



6. Бризки металу – краплі металу, які під час зварювання потрапили за межі зварювальної ванни та прилипли до поверхні.



Контрольні запитання

1. Який дефект вважається найнебезпечнішим?
2. За допомогою чого визначають мікротріщини?
3. Що означає дефект „Підріз”?
4. Що означає дефект „Свищ”?
5. В чому суть дефекту „Підріз”?
6. Які ви знаєте дефекти недосконалості форми зовнішніх поверхонь зварного шва?
7. Якої форми може бути дефект „Прожилка”?
8. Що є причиною виникнення дефекту „Тверді включення”?
9. Які тріщини можуть утворитися при зварюванні?
10. Що є причиною виникнення дефекту „Непровар”?

15.3 Види контролю зварних з’єднань (Навчальний елемент 58)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- ідентифікувати методи та обладнання контролю якості зварних з’єднань;
- визначати види контролю зварних з’єднань;
- використовувати основні терміни та визначення контролю якості зварювання.

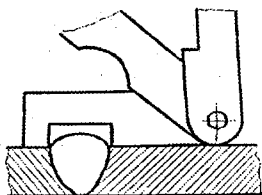
1. Для отримання зварного з’єднання гарної якості необхідно виконувати контроль, починаючи від перевіряння якості підготовки шва і закінчуючи перевіркою отриманого зварного з’єднання.



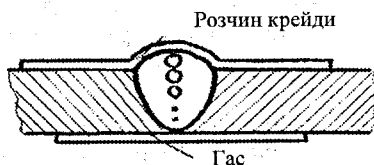
2. Складення під зварювання і розробку шва перевіряють за стандартами та технічними умовами: а) відповідність геометричних розмірів робочим кресленням; б) зазори між деталями; в) відсутність зміщення зварних кромки; г) чистота металу в зоні зварювання, відсутність іржі, масла та інші.



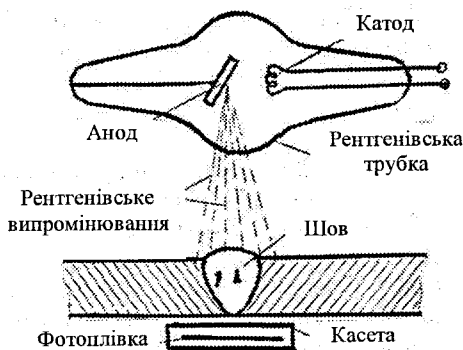
3. При перевірці зварних з'єднань зовнішнім оглядом визначають зовнішні дефекти шва. Огляд проводять неозброєним оком або за допомогою лупи з десятикратним збільшенням. Розміри зварних швів перевіряють шаблонами та мірним інструментом.



4. При контролі на герметичність гасом одну сторону зварного шва, найдоступнішу для огляду, покривають розчином крейди, а другу рясно змочують гасом і витримують протягом певного часу. Гас, що має високу здатність всмоктуватися, потрапляє в найменші нещільності в металі шва. При наявності дефектів на шарі крейди з'являються темні плями.



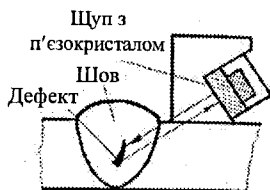
5. Рентгенівське просвічування полягає на різному поглинанні променів металом і неметалевими речовинами; при цьому знаходять пори, раковини, тріщини, непровари, шлакові включення. Основним робочим елементом є рентгенівська трубка, в яку впаяні анод і катод. Катод виконано у вигляді вольфрамової спіралі, при нагріванні якої до високої температури випромінюються електрони. Анод виконано у вигляді пластини із сплаву вольфраму і молібдену, розташовано під кутом відносно катода. Електрони катода, відбиваючись від пластини анода, створюють рентгенівське випромінювання.



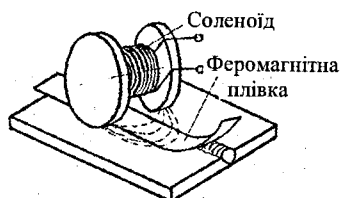
6. Гамма-дефектоскопія основана на різному поглинанні речовинами гамма-променів. Ампула з радіоактивною речовиною поміщається в переносний свинцевий контейнер з дистанційним управлінням. Контейнер установлюють проти шва, а зі зворотної сторони поміщають касету з фотоплівкою. За допомогою дистанційного управління відкривають щілину в контейнері для виходу гамма-променів.



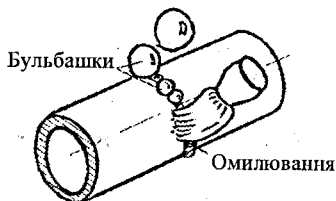
7. Ультразвуковий метод оснований на здатності різних середовищ по-різному відбивати ультразвукові коливання; при цьому визначають дефекти в зварному шві у вигляді неметалевих включень для деталей товщиною до 5 мм.



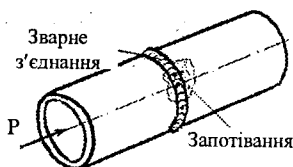
8. Магнітні методи основані на розсіюванні магнітних потоків в дефектних місцях з'єднання і дозволяють виявляти мілкі тріщини і пори шва.



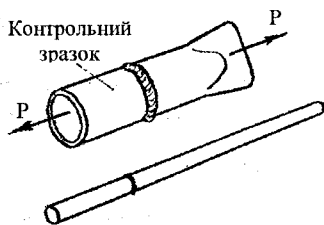
9. Пневматичний метод бульбашкової дефектоскопії використовують для контролю на герметичність, тобто здатність судин чи труб не пропускати газу, що в них знаходяться. Конструкцію, яку перевіряють, наповнюють стисненим повітрям, а із зворотної сторони змащують шви піноутворювальною рідиною (омилювання), і за появою бульбашок повітря говорять про наявність дефектів.



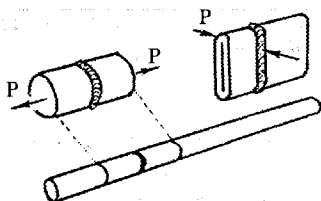
10. Гідравлічні випробування проводять не тільки на щільність шва, але і їх міцність. Такому контролю піддають зварні шви трубопроводів, що працюють під тиском. Дефекти щільності знаходять за запотіванням швів із зовнішньої сторони.



11. Механічні випробування при неруйнівному контролі у контрольних зразках з'єднань, які виконуються одночасно з виробом, з одного і того ж матеріалу і при одних і тих самих умовах.



При механічному руйнівному випробуванні контрольні з'єднання вирізають безпосередньо із конструкції, що повинно бути передбачено проектом. Визначають, як і в попередньому кроці, границю міцності на розтягування, ударну в'язкість, твердість та кут згинання.



Контрольні запитання

1. Які є методи контролю якості зварювання?
2. Що таке неруйнівний метод контролю зварних з'єднань?
3. За допомогою чого виконують просвічування зварних з'єднань?
4. Які дефекти можна визначити методом зовнішнього огляду?
5. Чим відрізняється рентгеноскопія від гамма-дефектоскопії?
6. Якими методами проводять перевірку зварних швів на щільність?

16 З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ

16.1 Підготовка деталей до зварювання

(Навчальний елемент 59)

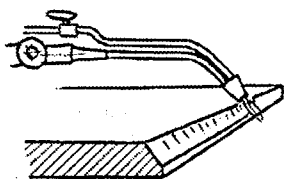
Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

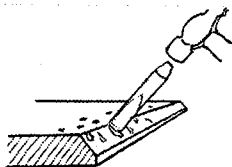
- підготовлювати кромки деталей під зварювання;
- підбирати пристосування для складання листових конструкцій;
- підбирати пристосування для стягування та вирівнювання поверхні деталей, що складаються під зварювання;
- визначати значення прихватки для отримання якісного зварного шва.

1. Підготовка металу під зварювання полягає в правці, очищенні, розмічанні, різанні і складанні. Складання конструкцій під зварювання є однією з найвідповідальніших операцій.

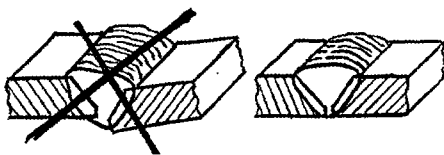
2. Термічне різання часто поєднують із зняттям кута скосу країв. Більш складну обробку кромки деталей під зварювання здійснюють струганням або фрезеруванням на верстатах.



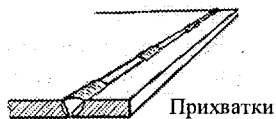
3. Після кисневого різання кромки деталей очищають від ґрату, напливів, шлаків та бризків за допомогою зубил, дротяних щіток або абразивних дисків.



4. Для зменшення часу складання деталей під зварювання, а також для підвищення його точності використовують різні складальні пристосування і кондуктори. Від правильного виконання складання значною мірою залежить якість та трудомісткість зварювальних робіт.

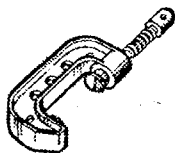


5. Незмінне положення деталей в процесі збирання та зварювання забезпечується накладанням прихваток (короткі закріплювальні шви).



6. Для стягування деталей перед закріпленням їх короткими закріплювальними швами використовують такі складальні пристосування:

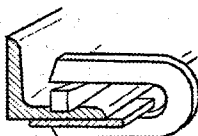
– струбцини;



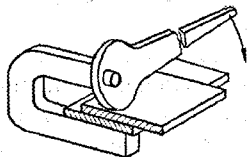
– клямра;



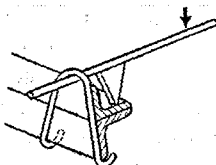
– скоби з клиновим притискачем;



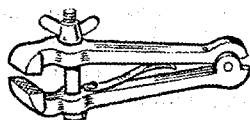
– важільно-ексцентрикові затискачі;



– важільні притискачі;

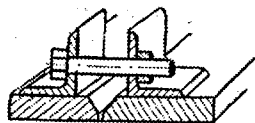


– ручні лещата.

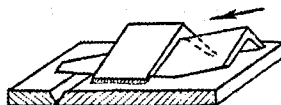


7. Стягування деталей виконують, використовуючи тимчасово приварені допоміжні елементи, які видаляються після закріплення елементів конструкції прихватками:

- приварені обрізки кутиків, що стягуються гвинтами;



- приварені полочками обрізки кутиків та клинків.



8. Прихватки розміщують за завчасно розробленою схемою в місцях подальшого зварювання швів і найбільших деформацій кромки. Виконують прихватку довжиною 30-60 мм з кроком не більше 500 мм. Поперечні розміри прихваток, як правило, повинні бути менше розмірів основних швів. Прихватки виконують такими самими електродами, якими буде виконуватися зварювання конструкції.



Запам'ятайте! Закріплення прихватками заважає неймовірним взаємним переміщенням при зварюванні деталей і може призвести до появи значних внутрішніх напружень в зварюваних конструкціях. Тому цей спосіб застосовуйте для конструкцій, які зварюються з листів невеликої товщини.

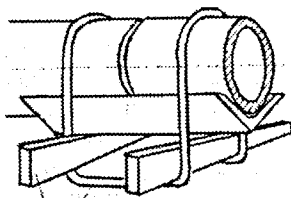
9. При складанні листових конструкцій з металу використовують складальні пристосування, які допускають можливість переміщень елементів конструкції при усадці швів. Основні типи цих пристосувань забезпечують:

- вирівнювання поверхні деталей;
- стягування та вирівнювання поверхонь деталей одна відносно одної;
- закріплення деталей під різними кутами;
- контрольне фіксування деталей.

10. Для вирівнювання поверхонь деталей приварених в стик, використовують прокладку з двома просвердленими отворами, яку закладають в проміжку між кромками деталей. Величина проміжку залежить від товщини прокладки. В один з отворів прокладки вставляють циліндричну оправку, а в другий забивають конусну оправку, що приводить до вирівнювання поверхонь деталей.



11. При зварюванні прямолінійних ділянок труб для їх центрування використовують спеціальні клинові центрувачі, які складаються з петлі, що огинає трубу, кутика та двох клинів.



Клин Петля

Контрольні запитання

1. Якою має бути прихватка?
2. Чим забезпечується незмінне положення деталей при зварюванні?
3. За допомогою чого при зварюванні труб забезпечується їх центрування?
4. Що таке ручні лещата і як ними користуються?
5. Яке призначення клямри?
6. Які ви знаєте основні збиральні пристосування?
7. Що забезпечують струбцини і як їх використовують?

16.2 Особливості виконання зварювання

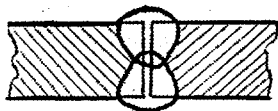
(Навчальний елемент 60)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- призначати способи отримання якісних швів;
- визначати, в чому полягають особливості зварювання дуже товстого та дуже тонкого листового металу;
- ідентифікувати ванне зварювання, зварювання лежачим та нахиленим електродами, зварювання з глибоким проплавленням;
- визначати, що таке операційний шов.

1. Стикові шви без скосу кромки виконуються в одно або два проходження зварювальної дуги (по одному проходженню з кожного боку).



2. V-подібні шви зварюють, як правило, за декілька проходжень зварювальної дуги. Чим більша товщина металу, тим більше проходжень. Останній шов називають декоративним, зварюють на всю ширину шва скісними рухами електрода.



3. Перший шар швів в будь-якому положенні звичайно заварюють електродами малого діаметра, що забезпечує краще проварення кореня шва, наступні шари шва – електродами більших діаметрів. Перед зварюванням кожного шару ретельно зачищають попередній шар від шлаку.



4. Для видалення включень та інших дефектів, що збираються в корені шва, його вирубують, зчищають абразивним кругом або виплавляють, а потім заварюють.

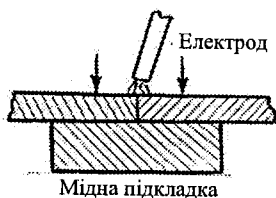


5. При електродуговому зварюванні листової сталі малої товщини (1 – 3 мм) метал легко пропалюється дугою, в ньому утворюються отвори – пропали, які тяжко заправляти. Для отримання швів задовільної якості при зварюванні сталі малої товщини необхідно:

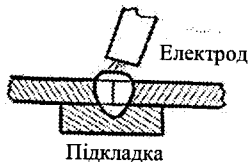
- підготовлювати кромки відбортовкою, а зварювання вести шляхом оплавлення відбортованих кромок;



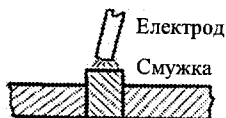
- виконувати зварювання на тимчасових мідних або бронзових підкладках, які інтенсивно відводять тепло, яке перешкоджає утворенню пропалу та забезпечує проварення і формування шва;



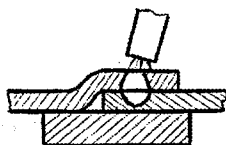
- виконувати зварювання на підкладках, що залишаються;



- стикове зварювання виконувати з присадковим прутком чи смужкою. Зварювання виконують так, щоб дуга горіла тільки на прутку, а кромки основного металу оплавлилися безпосередньо дією тепла дуги;

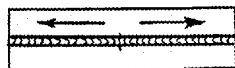
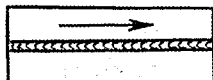


- виконувати зварювання внапусток з проплавленим швом на тепловідвідній підкладці;



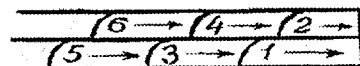
6. Шви середньої протяжності ведуть:

- від середини до кінців, шви великої протяжності зазвичай ведуть зворотним ступінчастим способом;
- окремими ділянками в напрямі, зворотному основному напрямі зварювання.



7. При зварюванні сталі великої товщини в швах та біля шовної зони виникають зварні напруження, які призводять до утворення тріщин. Тому для отримання шва заданої якості при зварюванні сталі великої товщини (15 мм і більше) зварювання необхідно виконувати такими способами:

- способом подвійного шару, коли спочатку на ділянці 1 довжиною 250 – 300 мм заварюють перший шар шва, після чого швидко

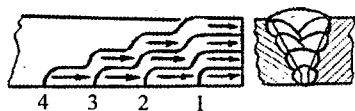


зчищають з нього шлак і заварюють другий шар. Потім таким самим чином заварюють ділянки 2, 3 і т. д. Зварювання другого шару на всіх ділянках виконують по гарячому першому шару. Решта шарів шва виконують зворотним ступінчастим способом;

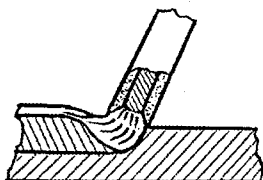
- зварювання гіркою починають всередині стику і виконують в декілька шарів до заповнення всього шва. Останній шар шва – декоративний валик – виконують зворотно-ступінчастим способом. Зварювання всього шва ведуть без перерв, не допускаючи остигання незакінченого шва;



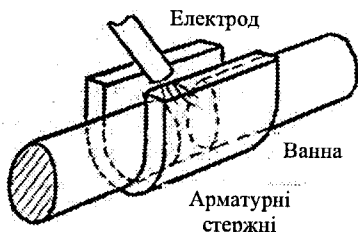
- зварювання шва каскадом (секціями) виконують аналогічно зварюванню гіркою. Першу секцію зварюють всередині шва, потім ведуть зварювання в обидві сторони від неї. Зварювання каскадом зручніше ніж зварювання гіркою, оскільки кожен шар секції шва розташований в одному його перерізі, а кожний шар гірки – в різних перерізах.



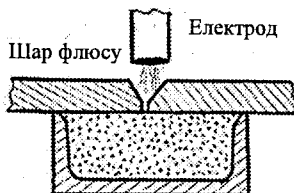
8. При зварюванні з глибоким проплавленням використовують електроди з потовщеним покриттям, яке підібране так, що стержень електрода плавиться швидше покриття. Тому на кінці електрода утворюється чітко виражений обернений конус (чохоцьчик). Упираючись цим чохоцьчиком на кромки деталі, що зварюється, переміщують електрод вздовж шва без коливальних рухів.



9. Ванний спосіб використовують при зварюванні стиків арматури залізобетонних конструкцій. Суть способу полягає в тому, що до стержня арматури в місці стику приварюють сталеву форму, в якій теплом дуги утворюють ванну розплавленого металу, котру безперервно підігрівають дугою для підтримування її в рідкому стані протягом всього часу зварювання.



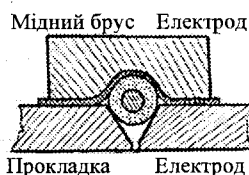
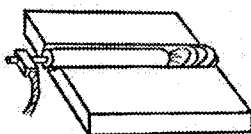
10. Зварювання на флюсовій подушці полягає в тому, що під кромки виробу, що зварюється, підводять флюсову подушку – шар флюсу товщиною 30...70 мм. Флюсова подушка притискається до зварюваних кромки, не допускає підтікання розплавленого металу і сприяє гарному формуванню металу шва.



11. Для отримання якісного шва при зварюванні використовують на кінцевих ділянках з'єднання допоміжні планки, щоб виводити на них початкові і кінцеві ділянки шва.

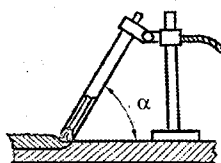


12. Зварювання лежачим електродом полягає в тому, що в розробленні стикового з'єднання або в таврове з'єднання в положенні „човник” укладають електрод,

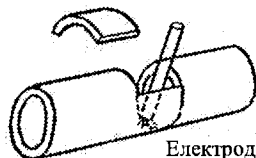


притискають до виробу, що зварюється, тяжким мідним брусом, який має повздовжню канавку для розміщення під ним електрода. До непокритого кінця електрода приєднується струмопровід, а замиканням другого кінця електрода на деталь за допомогою вуглецевого електрода запалюється дуга. Дуга переміщується під брусом по довжині електрода, поступово розплавляючи електрод і основний метал, і утворює шов.

13. Зварювання нахиленим електродом – дугове зварювання, при якому електрод що розплавляється, розташований нахилено вздовж зварюваної кромки і по мірі розплавлення рухається під дією ватажу, розташованого на обіймі штатива. Кут нахилу електрода залишається постійним. Дугу запалюють так само, як і при зварюванні лежачим електродом.



14. Операційний спосіб зварювання труб використовують, коли немає можливості виконувати стельові шви неперворотних стиків. Спочатку вирізають вставку, потім зварюють нижню частину шва з внутрішньої сторони, а потім зварюють верхню частину шва і вставку із зовнішньої сторони.



Контрольні запитання

1. Які ви знаєте способи отримання якісних зварних швів?
2. Які особливості зварювання товстої листової сталі?
3. Які є способи зварювання тонколистової сталі?
4. Яке призначення зварювання на флюсовій подушці?
5. Що ви знаєте про ванне зварювання?
6. Коли використовують операційний шов зварювання труби?
7. Чим відрізняється зварювання нахиленим електродом від зварювання лежачим електродом?
8. Що таке зварювання з глибоким проплавленням?

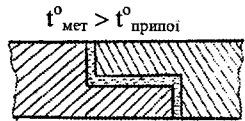
16.3 Паяння металу (Навчальний елемент 61)

Цілі

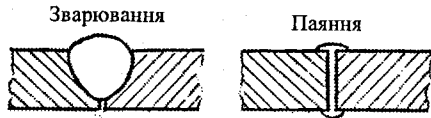
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви зможете:

- визначати, що таке паяння;
- розрізняти види паяння залежно від температури плавлення припою;
- визначати призначення флюсів;
- вибирати прийоми паяння.

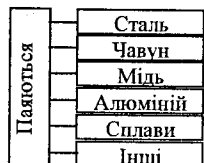
1. Паяння (*brazing*) – з'єднання металевих деталей в твердому стані за допомогою присадного металу (припою). При паянні плавиться тільки присадний метал, в якого температура плавлення нижча температури плавлення основного металу.



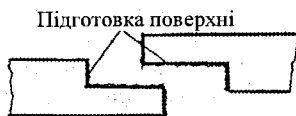
2. Паяння відрізняється від зварювання тим, що основний метал не плавиться, а лише нагрівається до температури плавлення припою (*solder*), яка повинна бути значно нижчою, ніж температура плавлення основного металу. Ця особливість дозволяє використовувати паяння при з'єднанні не тільки однорідних, але і різнорідних металів.



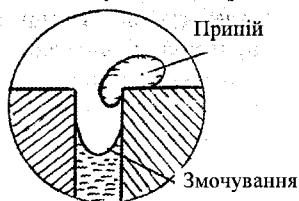
3. Успішно паяються чавун, сталь вуглецева та легована, мідь і її сплави, нікель, алюміній та інші.



4. Недоліком паяння є необхідність виконувати трудомісткі підготовчі роботи, використовувати дефіцитні компоненти (срібло, олово та інші) для виготовлення припоїв.

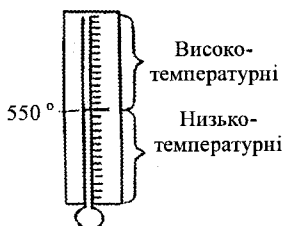


5. Паяння здійснюється завдяки здатності припою змочувати поверхневі шари металів, що з'єднуються, і проходити (дифундувати) в ці шари з утворенням тонкого шару затверділого припою, який забезпечує міцність і щільність запаяного з'єднання.



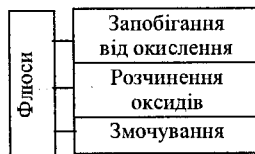
6. Розрізняють два основних види паяння залежності від температури плавлення:

- низькотемпературне з температурою плавлення до 550 град. Найвикористовуваніші припої - це олов'яно-свинцеві. Вони ще називаються м'якими припоями;
- високотемпературне з температурою плавлення вище 550 град. і припої - срібні, мідно-цинкові і мідно-фосфорні (тверді припої).

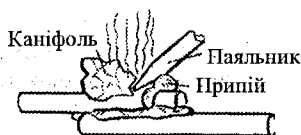


7. Флюси для паяння призначені:

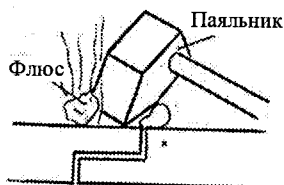
- захистити припої і основний метал від окислення;
- розчинити оксиди, що утворюються в процесі паяння;
- сприяти змочуванню металу розплавленим припоем за рахунок зниження його поверхневого натягу.



8. При низькотемпературному паянні використовують такі флюси: хлористий цинк, нашатир, каніфоль.



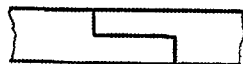
9. При високотемпературному паянні чорних та кольорових металів використовують флюси на основі бури. Інколи додають борну кислоту, коли необхідно підвищити робочу температуру паяння. Для паяння алюмінієвих сплавів використовують солі, які складаються із хлоридів лужних і лужноземельних металів.



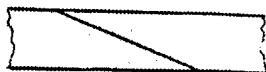
10. Міцність паяних швів багато в чому залежить від площі паяння і взаємної пригонки з'єднуваних деталей, тобто від величини зазору між ними. В основному при паянні використовують з'єднання внапусток, оскільки збільшуючи величину напуску, легко підвищити міцність з'єднання, наприклад:



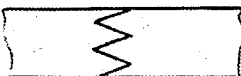
- внапусток;



- похилий стик;



- зубчастий. Ця конструкція паяння ускладнює складання деталей;



- трубчасті з'єднання;

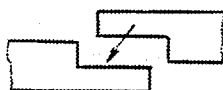


- відбортування.

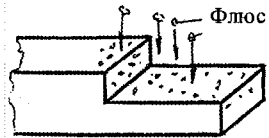


11. При низькотемпературному паянні попередньо очищені деталі обробляють в такій послідовності:

- місця деталей, які підлягають паянню, очищають і підганяють одне до одного;



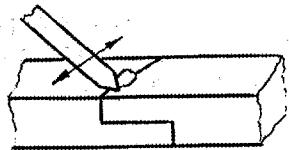
– облужують їх і покривають флюсом;



– нагрітим паяльником набирають з прутка кілька крапель припою і переміщують клин паяльника по куску флюсу (нашатирую або каніфолу);



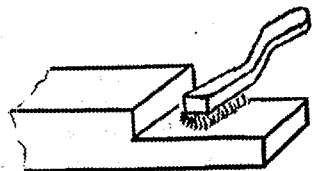
– поверхні деталей прогрівають паяльником, пересовуючи його поступово вздовж шва, і одночасно з цим вносять по краплях розплавлений припій у шов;



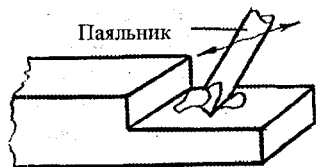
– розплавлений припій затікає в зазор, після чого для затвердіння припою джерело тепла відводять.

12. Високотемпературне паяння виконується газовим полум'ям нормального складу і в такій послідовності:

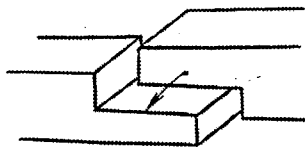
– почистити деталь в місці паяння від бруду, окислів, окалини, жиру механічним або хімічним способом;



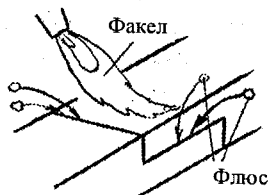
– провести лудіння поверхні металу в місці паяння;



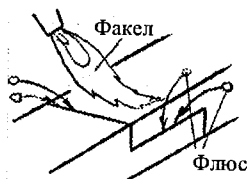
– скласти конструкцію (установити необхідний зазор);



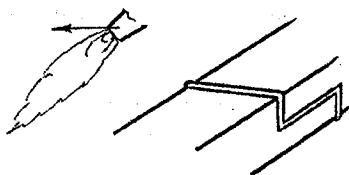
– нагріти місце паяння факелом полум'я пальника до температури розтікання припою і нанести на місце паяння флюс;



– легенько розігріти полум'ям припій і покрити його флюсом (зануренням або нанесенням);



– відвести полум'я вбік і забезпечити повільне охолодження деталей.



Контрольні запитання

1. Яка різниця між паяними та зварними з'єднаннями?
2. В чому суть паяння?
3. Як розрізняють два основних види паяння?
4. Завдяки чому паяні поверхні з'єднуються?
5. Назвіть припої, які використовують при високотемпературному паянні?
6. Яке призначення флюсів при паянні?
7. Яка прийнята конструкція паяних швів?
8. Яка послідовність операцій низькотемпературного паяння?
9. Яка послідовність операцій і техніка високотемпературного паяння газовим полум'ям?

16.4 Безпека праці при зварювальних роботах

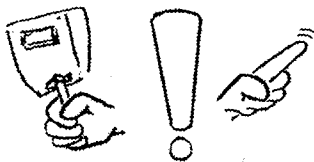
(Навчальний елемент 62)

Цілі

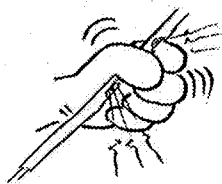
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, Ви вмітимете:

- ідентифікувати вражаючі фактори, які можуть виникнути при зварюванні;
- виконувати вимоги, яких необхідно дотримуватись при зварюванні (загальні положення);
- визначати вимоги, яких необхідно дотримуватися перед початком зварювання, під час та після закінчення зварювання;
- знати, вміти і виконувати вимоги безпеки при аварійних ситуаціях.

1. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори, пов'язані з процесом зварювання і термічного різання, можуть стати причинами травматизму та професійних захворювань, які призводять до тимчасової втрати працездатності або до більш тяжких наслідків. При розробленні і виконанні зварювальних робіт повинні враховуватися небезпечні та шкідливі виробничі фактори.



2. Ураження електричним струмом може бути викликане дотиком до неізольованих струмоведучих частин електричної мережі, які знаходяться під напругою більше 24 В. Особливо слід остерігатися неізольованих ділянок струмоведучих частин у знервованому стані, з мокрими або вологими руками, в нетверезому стані та ін. Іноді надмірна дія струму призводить до летального кінця, тобто людина може померти від ураження струмом.



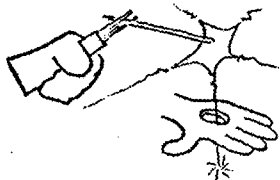
3. Шкідлива дія променевої енергії найбільше проявляється при дуговому зварюванні і значно менше – при газовому зварюванні і різанні. Електрична дуга – потужне джерело яскравого видимого світла, а також невидимих ультрафіолетових і інфрачервоних променів. Шкідливий вплив дуги діє на органи зору та відкриті частини шкіри. Дія променів дуги на незахищені очі в межах 20...30 с в радіусі до 1 м може викликати сильні болі, слезовиділення. Довгочасна дія світла дуги на незахищені очі може призвести до серйозних захворювань.



4. Виділення шкідливих частинок оксидів металів, мінералів, парів та газів при зварюванні відбувається в результаті плавлення та випаровування складових компонентів покриття електродів. При дуговому зварюванні вуглецевої сталі електродами з товстим покриттям виділяється значна кількість шкідливих аерозолів, які складаються, в основному, із оксидів заліза, марганцю, двоокису кремнію, фтористих з'єднань.



5. Опіки при зварюванні і різанні можливі від крапель розплавленого металу і шлаку, котрі потрапляють до складок одягу, кишень, чобіт, черевиків і погано захищених ділянок тіла зварника.



6. Вибухи можуть виникнути при неправильному користуванні ацетиленовими генераторами, карбідом кальцію, балонами для скраплених газів, а також при зварюванні тари, яка використовується для зберігання горючих рідин, і ємностей, які знаходяться під тиском.



7. Пожежі найчастіше всього виникають від загорання палих матеріалів, які знаходяться поблизу місця виконання зварювальних чи різальних робіт.

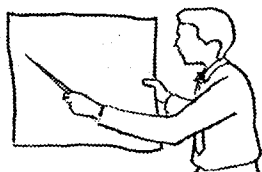


8. Інструктаж на робочому місці проводиться згідно з інструкцією, затвердженою керівником організації. Він складається з п'яти таких розділів: перший розділ – це “Загальні положення”, до яких входять основні вимоги:

– до зварювальних робіт допускаються особи обох статей не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд та навчання за відповідною програмою і отримали посвідчення на право виконання робіт. Жінки допускаються до виконання ручного дугового зварювання тільки на відкритих ділянках;

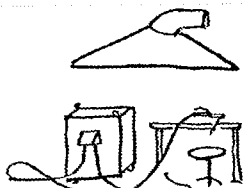


– зварник допускається до роботи тільки після проходження вступного інструктажу з охорони праці та інструктажу з техніки безпеки на робочому місці.

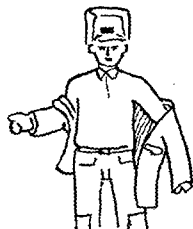


9. Другий розділ – вимоги, які необхідно виконати перед початком роботи:

– перевірити ізоляцію зварних проводів і електродотримача, наявність та надійність заземлення агрегатів, а також переконатися у відсутності на робочому місці речовин, що легко загоряються;



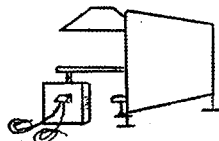
– одягнути спецодяг: куртку, штани, черевики, головний убір;



– протерти скло захисного щитка;

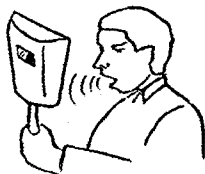


– прибрати з робочого місця сторонні пред-мети і встановити ширми або щитки і т. п.



10. Третій розділ – вимоги до зварника під час роботи:

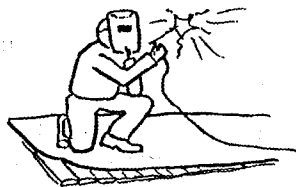
– перед запалюванням дуги попередити працюючих поряд сигналом „закрийтеся”;



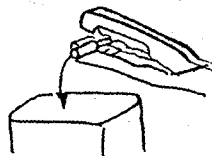
– під час коротких перерв в роботі не залишати на робочому місці електродотримач, а встановлювати його на спеціальну підставку;



– при роботі на дерев'яній підлозі або на лісах покривати підлогу або настил сталевими листами;



– складати недопалки в спеціальні ящики.

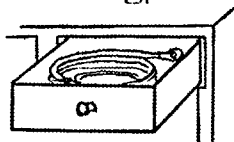


11. Після закінчення роботи згідно з четвертим розділом інструкції зварник повинен:

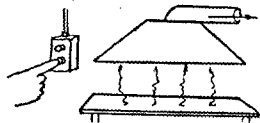
– відключити джерело електропостачання і від'єднати провід;



– змотати провід і скласти в спеціально відведеному місці;



– вимкнути місцеву вентиляцію;



– навести порядок на робочому місці, забрати захисні засоби та інструмент;

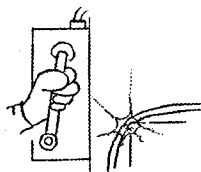


– обстежити всі місця, куди могли полетіти іскри та розплавлені бризки металу.

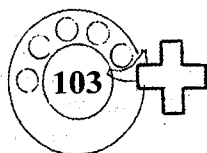


12. В п'ятому розділі наводяться орієнтовні вимоги безпеки при аварійних ситуаціях:

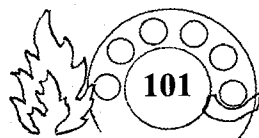
– у випадку пробією напруги на корпус зварного апарата необхідно відключити рубильник і повідомити про це майстра (викладача);



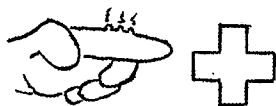
– у випадку, коли хто-небудь потрапляє під напругу, необхідно відключити зварювальний агрегат від мережі, покласти потерпілого на дерев'яний настил, підклавши під голову одяг, викликати швидку допомогу, і, якщо необхідно, зробити потерпілому штучне дихання;



– у випадку пожежі необхідно відключити рубильник, негайно повідомити службу "101" і розпочати тушіння;



– у випадку отримання травми необхідно повідомити про це майстра (викладача) і звернутися в медчастину.



Контрольні запитання

1. Назвіть шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні.
2. Що повинен зробити зварник до початку зварювання?
3. За допомогою чого зварник захищає очі від дії променевої енергії?
4. Що означає поняття „вражаючі фактори“?
5. З яких розділів складається інструкція інструктажу на робочому місці?

Тести четвертого модуля

1. Який спосіб зварювання найпоширеніший:
а) термітний; б) газовий; в) електродуговий?
2. Як називається зварювання плавленням, при якому для нагрівання металу використовується тепло, яке виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений шлак:
а) газове; б) термітне; в) електрошлакове?
3. Як називається зварювання, при якому метал розплавляють теплом реакції заміщення оксиду заліза алюмінієм:
а) газове; б) термічне; в) термітне?
4. Чому дорівнює опір розриву металу шва, звареного електродом E50:
а) 50 МПа; б) 500 МПа; в) 5 МПа?
5. Що означає в сертифікаті на електроди остання цифра в знаменнику:
а) діаметр електрода; б) просторове положення; в) рід струму?
6. Що означає E50:
а) тип електрода; б) марку електрода; в) сорт електрода?
7. Якою буквою позначаються електроди, призначені для зварювання вуглецевої сталі:
а) А; б) В; в) У?
8. Як називаються речовини, що входять до складу покриття електрода та найбільше подібні до кисню:
а) розкислювальні; б) стабілізуювальні; в) зв'язувальні?
9. Що використовують як джерела змінного струму:
а) зварні перетворювачі; б) зварні трансформатори;
в) зварні агрегати?
10. Яким способом не виконують запалювання дуги:
а) впритик; б) "сірником"; в) обертанням?
11. Як називається відрив електронів від металевої поверхні:
а) іонізація; б) розкислення; в) емісія?
12. Що відбудеться якщо зварник при запалюванні дуги запізниться відірвати електрод від виробу:
а) "примержне"; б) "присохне"; в) "прилипне"?
13. Як називається інтенсивне газоутворення в невеликому об'ємі чохольчика:
а) газове змішування; б) газове дуття; в) газове утворення?
14. Скільки стикових швів передбачено стандартом:
а) 10; б) 22; в) 32?
15. Скільки таврових швів передбачено стандартом:
а) 9; б) 10; в) 22?

16. Як називають зварюване з'єднання, в якому зварені кутовими швами елементи розташовані паралельно і частково перекривають один одного:
а) кутове; б) таврове; в) внапусток?
17. Які зварні шви за основним положенням в просторі найважчі для виконання:
а) горизонтальні; б) стельові; в) вертикальні?
18. Як називаються шви, розташовані горизонтально на вертикальній площині:
а) горизонтальні; б) вертикальні; в) стельові?
19. Як називаються шви, розташовані паралельно діючому зусиллю:
а) лобові; б) флангові; в) комбіновані?
20. Якими не можуть бути шви за кількістю наплавленого металу:
а) одношарові; б) багатшарові; в) півшарові?
21. Яких швів за їх протяжністю не буває:
а) безперервних; б) безмежних; в) переривчастих?
22. Як називають короткі зварні шви, які використовують для фіксації взаємно розташованих деталей:
а) витримка; б) прихватка; в) притримка?
23. Що таке діаметр електрода:
а) діаметр разом з обмазкою; б) діаметр металевого стержня;
в) товщина обмазки?
24. Залежно від чого визначають діаметр електрода:
а) напруги зварювання; б) товщини обмазки; в) товщини металу, що зварюється?
25. Залежно від чого визначають силу зварного струму:
а) ширини шва; б) діаметра електрода; в) довжини дуги?
26. Яку розмірність має коефіцієнт розплавлення:
а) немає розмірності; б) г/А.год; в) г/Агод?
27. Як на кресленнях зображають видимий зварювальний шов:
а) суцільною лінією, від якої проводять лінію-виноску зі стрілкою; б) суцільною лінією, від якої проводять лінію-виноску з односторонньою стрілкою; в) суцільною лінією, на якій розташовані хрестики?
28. Як позначають на кресленні невидимий зварний шов:
а) на поличці лінії-виноски; б) під поличкою лінії-виноски; в) на штриховій лінії полички?
29. Як називається зварювання, при якому нагрівання металу виконується теплом спалювання горючих газів:
а) електродугове; б) термітне; в) газове?

30. В якому порядку розташовані зони зварного полум'я, починаючи від пальника:
а) ядро, відновлювальне, факел; б) відновлювальне, ядро, факел;
в) факел, ядро, відновлювальне?
31. Чому дорівнює максимальна температура ацетилено-кисневого полум'я:
а) 1150 °; б) 2250 °; в) 3150 °?
32. Яке зварювальне полум'я можна отримати, змінюючи співвідношення кисню до ацетилену:
а) відновлювальне; б) розігрівальне; в) розплавлювальне?
33. Від чого залежить діаметр зварного дроту:
а) температури; б) товщини металу; в) співвідношенню кисню до ацетилену?
34. Який спосіб зварювання використовують при зварюванні металу товщиною до 3 мм:
а) лівий; б) правий; в) нейтральний?
35. Як змінюється кут нахилу пальника до поверхні із збільшенням товщини металу:
а) зменшується; б) збільшується; в) не змінюється?
36. Що є основним інструментом для зварника:
а) редуктор; б) ацетиленовий генератор; в) пальник?
37. Яким кольором фарбують кисневий балон:
а) білий; б) чорний; в) голубий?
38. Яке призначення кисневого редуктора:
а) нагрівання кисню; б) підвищення тиску кисню; в) пониження тиску кисню?
39. В якому випадку може відбуватися кисневе різання металу:
а) коли температура спалахування металу вища температури його плавлення; б) температура спалахування нижча температури його плавлення?
40. Якою повинна бути температура плавлення оксидів і шлаків відносно температури плавлення металу:
а) нижчою; б) вищою; в) однаковою?
41. Яке призначення допоміжної трубки різача:
а) для подачі різального кисню; б) для подачі різального газу; в) для подачі суміші газів?
42. Що є основною причиною виникнення зварних деформацій:
а) нерівномірність нагріву конструкцій; б) недоскональне складання конструкції; в) малий зазор між деталями?
43. Як називаються деформації, що виникають від нерівномірних ливарних усадок:
а) повздовжні; б) кутові; в) тимчасові?

44. До чого призводять напруження від поперечної усадки при несприятливих умовах:
а) появи ливарної усадки; б) появи тріщин; в) появи місцевих деформацій?
45. Яким чином можна зменшити місцеві деформації:
а) накладання компенсаційних швів; б) раціональне закріплення деталей; в) зварювання на шлаковій подушці?
46. Коли використовують жорстке закріплення збірних деталей при зварюванні:
а) товстих деталей; б) тонких; в) круглих?
47. Як називають тріщини, що виявляються при десятикратному збільшенні:
а) поперечна тріщина; б) повздовжня тріщина; в) мікротріщина?
48. Як називається надлишок наплавленого металу, що натік на поверхню основного металу і не сплавився з ним:
а) непровар; б) наплив; в) підріз?
49. Як зазивається прожилка у металі зварного шва, яка виникла в результаті виділення газу:
а) свищ; б) підріз; в) тріщина?
50. Як називається заглиблення в основному металі вздовж краю зварного шва:
а) непровар; б) підріз; в) свищ?
51. Як не перевіряють зовнішні дефекти зварних з'єднань:
а) за допомогою лупи; б) неозброєним оком; в) омилуванням?
52. Як контролюють зварні шви на герметичність:
а) рентгенівським просвічуванням; б) магнітним методом; в) газовою пробою?
53. Що перевіряють шаблоном:
а) розміри зварних швів; б) розміри включень; в) величину підрізу?
54. Для чого використовують пневматичний метод бульбашкової дефектоскопії:
а) для перевірки на герметичність; б) для виявлення підрізу; в) для перевірки на відповідність геометричних розмірів кресленням?
55. Що не перевіряють при проведенні гідравлічних випробувань:
а) щільність шва; б) міцність шва; в) в'язкість шва?
56. В чому полягає підготовка деталей під зварювання:
а) у правці; б) у фарбуванні; в) в усуненні дефектів при зварюванні?
57. За допомогою чого очищають від гарту кромки деталей після кисневого різання:
а) дротяних щіток; б) волосяних щіток; в) лужних розчинів?

58. Як називають короткі шви, що використовують при складанні деталей перед зварюванням:
а) притиснення; б) прихватка; в) захватка?
59. Які складальні пристосування не використовують для стягування деталей перед зварюванням:
а) струбцини; б) клямри; в) рейсмуси?
60. Чи використовують тимчасово приварені допоміжні елементи для стягування деталей, що зварюються:
а) ні; б) так.
61. Якої довжини виконують прихватки:
а) 10-20 мм; б) 30-60 мм; в) 20-30 мм?
62. З якою метою корінь шва вирубують або зчищають абразивним кругом:
а) для придання шву декоративного вигляду; в) для збільшення міцності; в) для видалення включень?
63. З якою метою тонколистову сталь заварюють на мідних підкладках:
а) відведення тепла; б) підведення струму; в) збільшення швидкості зварювання?
64. Як називається зварювання сталі великої товщини, коли зварювання починають з середини стику і виконують в декілька шарів:
а) гіркою; б) каскадом; в) операційним?
65. В яких випадках використовують операційний спосіб зварювання:
а) немає можливості виконувати підготовку країв стику; б) немає можливості виконувати стельові шви неповоротних стиків; в) відсутня можливість обстежити шов?
66. Яка максимальна температура плавлення припоїв низько-температурного паяння:
а) 350 °; б) 450 °; 550 °?
67. Як називають речовини, що захищають припої і основний метал від окислення:
а) обмазки; б) покриття; в) флюси?
68. З якого віку особи обох статей допускаються до зварювальних робіт:
а) 18 років; б) 19 років; в) 20 років?
69. Що не відноситься до небезпечних та шкідливих виробничих факторів:
а) дія променевої енергії; б) виділення оксидів металів; в) розкислення металу?
70. Що повинен робити зварник під час роботи:
а) протирати склозахисний щиток; б) складати недопалки в спеціальний ящик; в) обстежувати місця, куди могли полетіти іскри?

ЛІТЕРАТУРА

1. Атаманюк В. В. Практикум з технології конструкційних матеріалів / Атаманюк В. В. – Вінниця : ДОВ “Вінниця”, 2004. – 167 с.
2. Власенко А. М. Матеріалознавство для студентів теплоенергетичних спеціальностей : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 101 с.
3. Власенко А. М. Робоча професія. Ч 1. Технологія металів: [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2003. – 111 с.
4. Власенко А. М. Матеріалознавство. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт: [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 52 с
5. Власенко А. М. Основи зварювання / Власенко А. М. – Вінниця : ВЕТУ, 2007. – 106 с.
6. Геллер Ю. А. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи: [учеб. пособ. для вузов. – 6-е изд., перераб и допол.] / Геллер Ю. А. – М. : Металлургия; 1989. – 456 с.
7. Основи металургійного виробництва металів і сплавів / [Чернега Д. Ф., Богушевський В. С., Готвянський Ю. Я. та ін.] ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. – К. : Вища школа, 2006. – 503 с.
8. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : [підручник для студ. вищ. навч. закл.] / Попович В. В.. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
9. Пахолук А. П. Основи матеріалознавство і конструкційні матеріали: [підруч. для студ. вищ. навч. зал.] / А. П. Пахолук, О. А. Пахолук. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
10. Самохоцький О. І. Металознавство : [підручник] / О. І. Самохоцький, М. Н. Кунявський. – К. : Машинобудівна література, 1955. – 424 с..
11. Савуляк В. І. Ручне електродугове зварювання : [навчальний посібник] / В. І. Савуляк, А. Ю. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 130 с.
12. Технология металлов и сварка / [Полухин П. И., Гринберг Б. Г., Жадан В. Т. и др.] ; под ред. П. И. Полухина] Учебник для ВУЗов. – М. : Высшая школа, 1977. – 464 с.
13. Металознавство: / [Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М., Москаленко Ю. Н.]. – [2-ге вид., перероб. і доп.]. – К. : ІВЦ “Видавництво Політехніка”, 2008. – 384 с.
14. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів / [навч. посібник для учнів проф. навч. зал.] / Хільчевський В. В., Кондратюк С. Є., Степаненко В. О., Лопатьмо К. Г. – К. : Либідь, 2002. – 328 с.

ГЛОСАРІЙ

Абразив	<i>abrasion</i>
Автоматні сталі	<i>submachine gunsteel</i>
Адсорбція	<i>adsorption</i>
Алюміній	<i>aluminum</i>
Арматурна сталь	<i>reinforcing steel</i>
Атом	<i>atom</i>
Аустеніт	<i>austenit</i>
Білий чавун	<i>white castiron</i>
Бронза	<i>bronze</i>
Вакансії	<i>vacancies</i>
Вибух	<i>explosion</i>
Випрямляч	<i>equalizer</i>
Відбортовка	<i>flanging</i>
Відпалювання	<i>annealing</i>
Відпуск	<i>furlough</i>
Вільне кування	<i>free smith</i>
Властивість	<i>property, quality</i>
Волока	<i>drag</i>
Волочіння	<i>wire-drawing</i>
Втомлюваність	<i>tiredness</i>
Вуглець	<i>carbon</i>
Газова оболонка	<i>gas blanked</i>
Газове зварювання	<i>gas welding</i>
Газоутворювальні	<i>gas-producing</i>
Гартування	<i>toughening</i>
Генератор	<i>generator</i>
Горн	<i>bugle</i>
Графіт	<i>graphite</i>
Гума	<i>rubber</i>
Густина	<i>solidity, strength</i>
Джерело живлення	<i>power supply</i>
Дислокація	<i>dislocation</i>
Дисоціація	<i>dissociation</i>
Дифузія	<i>diffusion</i>
Діаграми стану сплавів	<i>diagram of the condition alloy</i>
Доменна піч	<i>domain stove</i>
Доменний газ	<i>domain gas</i>
Дріт (проволока)	<i>wire</i>
Дугове зварювання	<i>arc welding</i>
Евтектика	<i>eutektos</i>

Електрод	<i>electrode</i>
Електродвигун	<i>electric motor</i>
Електродугове зварювання	<i>electric arc welding</i>
Електронна емісія	<i>electronics emission</i>
З'єднання	<i>joint</i>
Залізо	<i>iron</i>
Захисний газ	<i>shielding gas</i>
Зварювальні апарати	<i>welding apparatus</i>
Зварювання тертям	<i>pressure welding</i>
Зливки	<i>bullion</i>
Інгібітори	<i>inhibitors</i>
Інжектор	<i>injector</i>
Іонізувальні речовини	<i>ionizing particle</i>
Карбід	<i>carbide</i>
Кипляча сталь	<i>boiling steel</i>
Клапан	<i>valve</i>
Ковальські кліщі	<i>smith pincers</i>
Ковкий чавун	<i>malleable cast iron</i>
Ковкість	<i>malleable</i>
Кокс	<i>coke</i>
Кольорові метали	<i>nonferrous metals</i>
Конвертори	<i>converters</i>
Корозія	<i>corrosion</i>
Котушка	<i>coil</i>
Крайова дислокація	<i>virginal dislocation</i>
Кратер	<i>crater</i>
Кристалізація	<i>crystallize</i>
Кристалічні тіла	<i>crystalline bode</i>
Крихкість	<i>fragile</i>
Кувалди та ручники	<i>sledge-hammer</i>
Кувальний молот	<i>smith hammer</i>
Кування	<i>smithing</i>
Латунь	<i>brass</i>
Легована сталь	<i>alloying</i>
Легувальні речовини	<i>doped material</i>
Легування	<i>alloy</i>
Ледебурит	<i>ledeburit</i>
Ливарна форма	<i>foundry</i>
Листова сталь	<i>slab steel</i>
Мартен	<i>marten</i>
Метали	<i>metals</i>
Міжатомні зв'язки	<i>interatomic bound</i>
Міцність	<i>durability</i>

Моделі	<i>model</i>
Навантаження	<i>load</i>
Напівавтоматичний	<i>semi-automaic</i>
Напівспокійна сталь	<i>semiquiet steel</i>
Нормалізація	<i>normalization</i>
Обмотка	<i>winding</i>
Осадка	<i>immersion</i>
Паливо	<i>fuel</i>
Пальник	<i>torch</i>
Паяння	<i>brazing</i>
Переплавлення металу	<i>remelting of metal</i>
Перліт	<i>mother-of-pearl</i>
Півформа	<i>half form</i>
Підріз	<i>paring</i>
Плавлення	<i>melting</i>
Пластична деформація	<i>plastic deformation</i>
Пластичність	<i>plasticity</i>
Поверхнєве гартування	<i>superficial temper</i>
Покриття електродів	<i>electrode shelter</i>
Потенціал іонізації	<i>ionizing potential</i>
Пресування	<i>pressing</i>
Припій	<i>solder</i>
Прокатування	<i>rolling</i>
Пружність	<i>resilience</i>
Рафінування	<i>purify</i>
Редуктор	<i>reducer</i>
Рідкотекучість	<i>seldom-fluidity</i>
Розплавлений метал	<i>tank of smelt</i>
Рубання	<i>hewing</i>
Руда	<i>ore</i>
Сертифікат	<i>certification</i>
Силумін	<i>silumin</i>
Сірий чавун	<i>grey castiron</i>
Солідус	<i>solidus</i>
Сорбіт	<i>sorbit</i>
Сортамент	<i>assortment</i>
Сплав	<i>alloy</i>
Спокійна сталь	<i>calm steel</i>
Сталева стрічка	<i>steel wire</i>
Сталь	<i>steel</i>
Стелевий шов	<i>steel seam</i>
Стержень	<i>shrank</i>
Стержень електрода	<i>electrode shank</i>

Стикове зварювання	<i>butt wlding</i>
Твердий розчин	<i>hard solution</i>
Твердість	<i>hardness</i>
Теплоємність	<i>thermal/heat capacity</i>
Теплопровідність	<i>heat/thermal conductivity</i>
Термічна обробка	<i>heat treatment</i>
Торцева поверхня	<i>face surface</i>
Трансформатор	<i>transformer</i>
Усадка	<i>shrinkage</i>
Фаза	<i>phase</i>
Ферит	<i>ferit</i>
Феросплави	<i>ferro-alloy</i>
Флюси	<i>gumboils</i>
Хіміко-термічна обробка	<i>chemist-termal processing</i>
Холостий хід	<i>idle running</i>
Цементит	<i>cementut</i>
Чавун	<i>casiron</i>
Чорні метали	<i>Ferrous metals</i>
Шихта	<i>mine</i>
Шлаки	<i>slags</i>
Шлакоутворювальні речовини	<i>slag-making</i>
Штапування	<i>punching</i>
Шток	<i>rod</i>
Шунт	<i>shunt</i>

Навчальне видання

Власенко Анатолій Миколайович

ТЕХНОЛОГІЯ МЕТАЛІВ ТА ЗВАРЮВАННЯ

МОДУЛЬНИЙ КУРС

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено А. М. Власенком

Підписано до друку 25.04.2013 р.

Формат 29,7x42¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 14,38.

Наклад 300 (1-й запуск – 100) прим. Зам. № 2013-023.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-87-36.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

Серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-87-38.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.