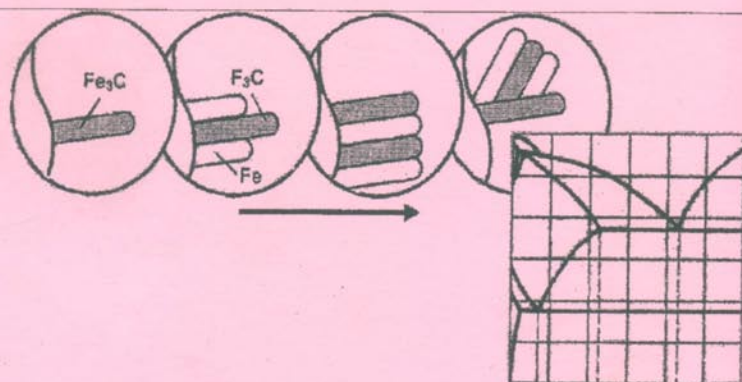
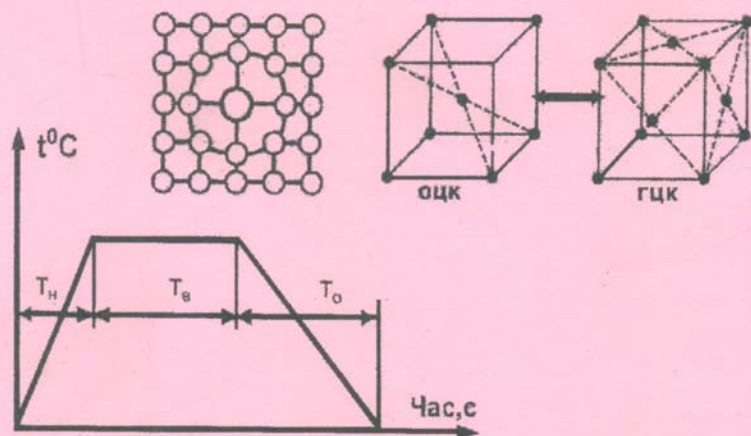




ОСНОВИ МЕТАЛОЗНАВСТВА

МОДУЛЬНИЙ КУРС



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А. М. Власенко

ОСНОВИ МЕТАЛОЗНАВСТВА
МОДУЛЬНИЙ КУРС
Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2010

УДК 669.017

ББК 34.2

B58

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол №8 від 26.03.2009)

Рецензенти:

А. С. Моргун, доктор технічних наук, професор (ВНТУ)

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор (ВНТУ)

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор (ВДАУ)

Власенко, А. М.

B58 Основи металознавства. Модульний курс : навчальний посібник / А. М. Власенко. - Вінниця : ВНТУ, 2010. - 108с.

Навчальний посібник присвячений модульному висвітленню основних відомостей про металургійне виробництво чорних і кольорових металів, кристалізацію і будову металів і сплавів. Розглянуті основи теорії термічної обробки сталі. В основу посібника покладені концептуальні підходи та керівні принципи модульної методології, які можуть органічно функціонувати в дистанційній освіті. Призначений для студентів будівельних спеціальностей.

Електронний варіант посібника розміщений на сайті кафедри теплогазопостачання ВНТУ рекомендується для дистанційної форми навчання <http://www.vstu.vinnica/>

УДК 669.017

ББК 34.2

ЗМІСТ

Передмова.....	4
1 Виплавка чорних та кольорових металів (Модульний блок 1).....	6
1.1 Виплавка чавуну (Навчальний елемент №1).....	6
1.2 Виплавка сталі (Навчальний елемент №2).....	12
1.3 Розливання сталі (Навчальний елемент №3).....	18
1.4 Способи підвищення якості сталі (Навчальний елемент №4).....	22
1.5 Виробництво кольорових металів (Навчальний елемент №5).....	25
1.6 Тести модульного блока №1.....	29
2 Основи металознавства (Модульний блок 2).....	30
2.1 Атомно-кристалічна будова металів (Навчальний елемент №6)....	30
2.2 Дефекти кристалічної будови (Навчальний елемент №7).....	35
2.3 Методи дослідження структури металів (Навчальний елемент №8).....	39
2.4 Плавлення та кристалізація металів (Навчальний елемент №9)....	42
2.5 Тести модульного блока №2).....	45
3 Металеві сплави (Модульний блок 3).....	46
3.1 Будова та характеристика сплавів (Навчальний елемент №10).....	46
3.2 Діаграма стану подвійних сплавів (Навчальний елемент №11)....	49
3.3 Компоненти і фази у сплавах заліза з вуглецем (Навчальний елемент №12).....	54
3.4 Діаграма стану залізо-цементит (Навчальний елемент №13).....	57
3.5 Тести модульного блока № 3.....	62
4 Основи термічної обробки сталі (Модульний блок 4).....	63
4.1 Алотропічні перетворення (Навчальний елемент №14).....	63
4.2 Термічна обробка сталі (Навчальний елемент №15).....	66
4.3 Хіміко-термічна обробка (Навчальний елемент №16).....	71
4.4 Тести модульного блока № 4.....	74
5 Сплави на основі чорних металів (Модульний блок 5).....	75
5.1 Вуглецеві сталі (Навчальний елемент №17).....	75
5.2 Леговані сталі (Навчальний елемент №18).....	78
5.3 Спеціальні сталі (Навчальний елемент №19).....	81
5.4 Чавуни (Навчальний елемент №20).....	86
5.5 Тести модульного блока № 5.....	90
6 Кольорові метали і сплави. Корозія металів (Модульний блок 6) ...	91
6.1 Кольорові метали та сплави (Навчальний елемент №21).....	91
6.2 Металокерамічні сплави (Навчальний елемент №22).....	95
6.3 Корозія металів (Навчальний елемент №23).....	97
6.4 Тести модульного блока № 6.....	102
7 Словник термінів.....	103
Література.....	107

Зміст навчального посібника відповідає навчальним планам дисциплін освітньо-професійної програми „Будівництво” (ОПП-Б). Особливе місце в підготовці будівельників займає дисципліна „Метали і зварювання в будівництві”. Цей предмет складається з технології отримання металів, металознавства, способів виготовлення заготовок та деталей і покликаний сформувати у майбутнього спеціаліста достатні знання основ металознавства, принципів вибору металів і сплавів, технології їх виробництва, мати уявлення про досягнення науково-технічного прогресу в галузі створення нових сплавів, вдосконалення технологічних процесів, а також уміння і навички практичного визначення фізико-механічних властивостей металів і сплавів.

Навчальний посібник підготовлений з урахуванням багаторічного виробничого та педагогічного досвіду автора й специфіки модульного викладання. Разом з тим, перебудова навчального процесу у вищій школі, скорочення годин аудиторних занять під безпосереднім керівництвом викладача, збільшення частки часу самостійної підготовки студентів, яка стає одним із головних засобів професійного навчання, потребує відповідного навчально-методичного забезпечення.

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 металознавства зібраний у спеціальні дидактичні розділи, які отримали назву „Навчальні елементи”. З методичного і педагогічного погляду це спеціально розроблена навчальна брошура, що включає текстовий та ілюстративний матеріал, спрямований на засвоєння вмінь та знань. Отже, навчальні елементи – це дискретні одиниці змісту навчання, що розкривають суть об’єктів, процесів та явищ, і вводяться в навчальний процес у вигляді понять, взаємозв’язків, правил, принципів.

Навчальний елемент вміщує нетрадиційно упорядковану текстову та ілюстративну інформацію стосовно однієї конкретної навички (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 питань 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 кож-

ний крок навчального елемента нумерується і ця нумерація є наскрізною. Тобто, номери кроків не повторюються, не змінюються, а записуються у прямій послідовності від першого до останнього. У випадках, коли крок, так би мовити, подрібнюється, інформація записується після двокрапки з риски, у стовпчик, з маленької літери.

Для кращого розуміння і сприймання кроки, як правило, доповнюються рисунком. Ілюстрація подається так, щоб нести інформацію, яка доповнює текст кроку або дає змогу краще його розуміти.

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

У кінці кожного навчального елемента після інструктивних сторінок містяться контрольні запитання для самоперевірки засвоєння навчального матеріалу. Контрольні запитання відповідають поставленим цілям і дають змогу визначати рівень досягнень студента, а також дають можливість визначити, чи може студент перейти до вивчення наступного навчального елемента. Тестування за підсумками вивчення модульного блока виконується аналогічно поточному тестуванню студентів за результатами засвоєння навчальних елементів, але викладачем.

Для перевірки засвоєння навчального матеріалу у кінці кожного навчального елемента після інструктивних сторінок містяться практичні завдання з оцінення досягнення мети або контрольні запитання. З їх допомогою студенти визначатимуть рівень якості умінь, знань та навичок, які вони здобували. Не зважаючи на те, що саме педагогічний працівник проводить тестування, але свою підготовленість до тесту студент контролюватиме самостійно.

1 ВИПЛАВКА ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ (Модульний блок 1)

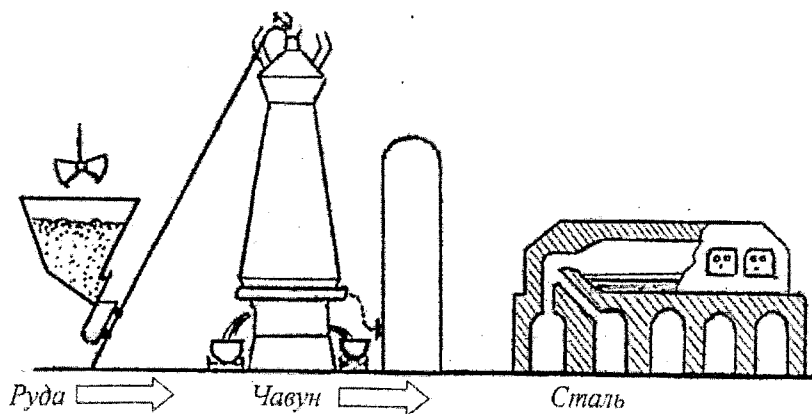
1.1 Виплавка чавуну (Навчальний елемент №1)

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 metals*) 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 ХІІІ 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.

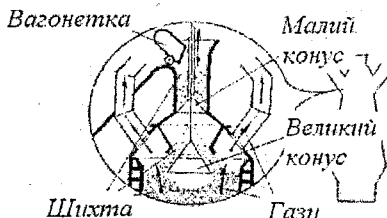


3. Основний матеріал для одержання чавуну – залізна руда, яка є сполукою заліза з киснем (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeCO_3). Рудою називають гірські породи, які містять у собі метали в такій кількості, яка забезпечує їх економічно-доцільну переробку. До складу залізної руди входять також оксиди кремнію, марганцю, 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 добавками 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°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°C більше). В піч вводять речовини, які при порівняно низьких температурах утворюють з пустою породою руди і золою палива легкоплавкі хімічні сполуки – флюси (*gumboils*). Сплаваючись 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.

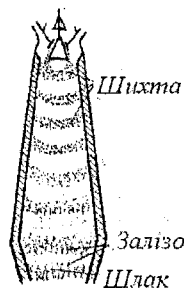
9. Доменна піч – це висока (близько 30 м) вертикальна шахта із сталевих листів, яка зсередини викладена вогнетривкою цеглою. Більшість діючих доменних печей мають корисний об'єм 1300...23000 м³, тобто об'єм, зайнятий завантаженими в піч матеріалами і продуктами плавлення. У таких печах за добу виплавляється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



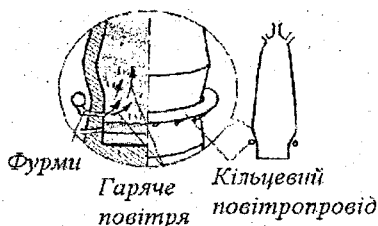
10. Колошник, який розташований у верхній частині печі, призначений для прийому шихтових матеріалів і відведення газів. Над колошником розташований завантажувальний пристрій, який складається з приймальної воронки, малого конуса, розподільчого пристрою і великого конуса. Шихта подається в колошник вагонетками 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.



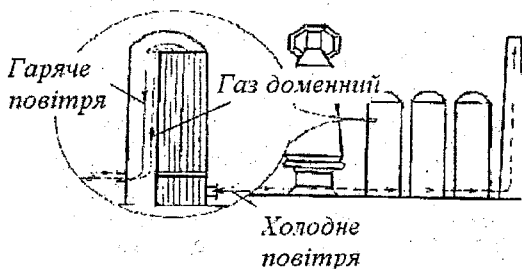
11. У шахті, яка має форму зрізаного конуса, що розширюється донизу, розміщується основна маса шихти. Така форма шахти забезпечує опускання шихти в міру її плавлення у нижню частину печі і рівномірний розподіл газів. В шахті відбувається висушування руд і відтворення (відновлення) заліза. В розпарі починається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



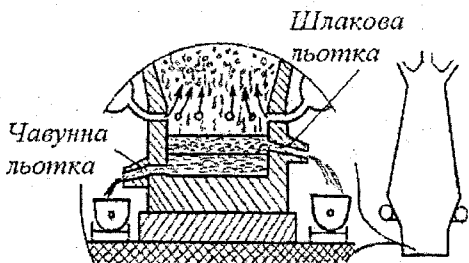
12. Найважливіша частина доменної печі – горн (*bugle*), який знаходиться у нижній її частині. У верхній частині горна розміщені фурми, через які із кільцевого повітропроводу вдувається повітря, необхідне для горіння палива в доменній печі.



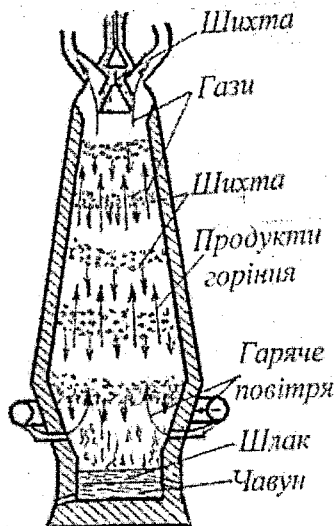
13. Для зменшення втрат тепла і економії коксу повітря нагрівають у повітронагрівачах, що знаходяться біля кожної домни у кількості трьох-чотирьох, і які працюють по черзі. Продукти горіння газу проходять вертикальними каналами насадки, нагрівають її і виходять в димову трубу. Поки один повітронагрівач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



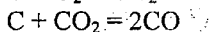
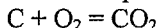
14. Дно горна називається подом печі, у верхній частині горна на поверхні розплавленого чавуну накопичується розплавлений шлак, який утворюється з порожньої породи і попелу палива. Біля дна горна знаходиться впускний отвір для випуску чавуну, що називається чавунною льоткою, а дещо вище – впускний отвір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



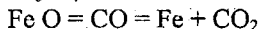
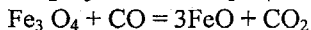
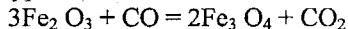
15. В доменній печі спостерігаються два рухи, що мають протилежні напрямки: знизу вверху рухаються газоподібні продукти горіння, а назустріч їм опускається зверху вниз руда, паливо і флюси. В міру плавлення шарів шихти, які розташовані нижче, і згорання палива, шихта опускається в зону більш високих температур, а в простір, що звільнився, зверху завантажується наступна її порція. У зоні шихти при температурі $400-800^{\circ}\text{C}$ 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 $1000-1200^{\circ}\text{C}$ 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 навуглецювання заліза утворюється чавун. Із нижньої частини заплечиків при температурі $1200 - 1700^{\circ}\text{C}$ він стікає в горно.



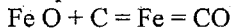
16. Фізико-хімічні процеси, що виникають в доменній печі, зводяться до того, що гаряче повітря контактується з розпеченим коксом і спричиняє його горіння за реакцією:



Реакція непрямого відновлення заліза відбувається при температурі $570^{\circ}\dots 950^{\circ}\text{C}$:



Реакція прямого відновлення заліза відбувається при $950\dots 1000^{\circ}$



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 ливарний, переробний і спеціальний доменний феросплав (*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 cast-iron*).
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 cast-iron*).
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.

Запитання для самоконтролю

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 Виплавка сталі (Навчальний елемент №2)

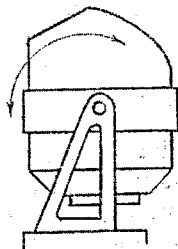
Цілі

Після вивчення даного навчального елемента студент повинен вміти визначати:

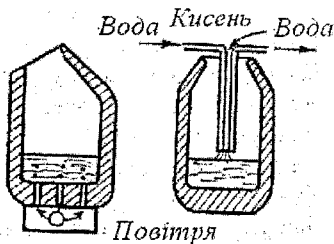
- суть процесу виробництва сталі;
- основні способи перетворення чавуну на сталь;
- загальні види печей для виплавки сталі;
- суть виробництва сталі безпосередньо з руди.

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.

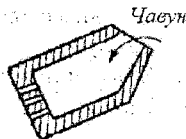
2. Сталь виплавляють з переробного чавуну і сталевого лому в конверторах (*converters*), мартенівських (*marten*) і електричних печах, переваги серед яких мають киснево-конверторні і електроплавильні способи. Тому вони поступово і витісняють мартенівський процес, який потребує багато природного газу.



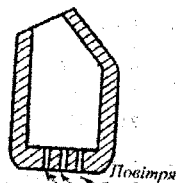
3. Виплавка сталі в конверторах полягає в продуванні стисненим повітрям, або киснем розплавленого чавуну, що знаходиться у конверторі. Кисень окислює вуглець та інші домішки, які є в чавуні, перетворюючи його на сталь. Конвертор складається зі сталевого кожуха, викладеного зсередини вогнетривкою цеглою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



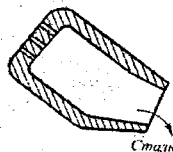
- у похилому положенні; при цьому заливають конвертор чавуном через горловину;



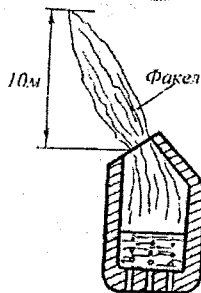
- вертикально, і після заливання чавуном конвертор продувають;



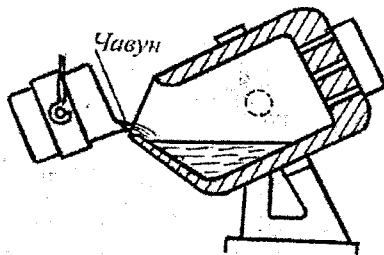
- у похилому положенні, в кінці плавки для випуску сталі.



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, уворюючи 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.

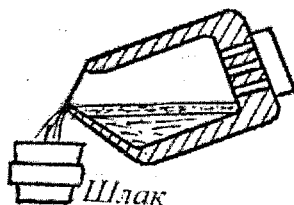


5. Одержаний в результаті бесемерівського процесу метал майже не вміщує вуглецю. Для того, щоб отримати метал необхідної якості, треба підвищити вміст вуглецю. З цієї метою конвертор переводять знову у горизонтальне положення і завантажують його чавуном, багатим вуглецем або феромарганцем. В останньому 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.

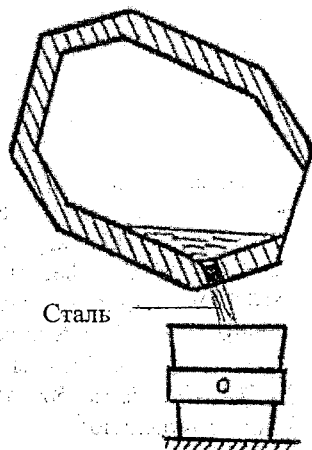


6. При великому вмісті в чавуні фосфору і сірки конвертування проводять за томасівським способом. Відмінною особливістю томасівського процесу від бесемерівського є заміна кислій футерівки конвертора основною. Основна футерівка робиться звичайно із магнезитової цегли (або доломітової), завдяки чому під 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 при 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.



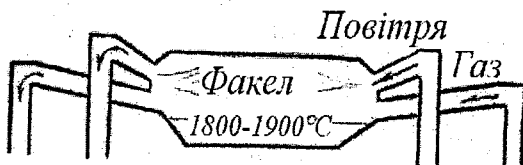
9. Продування триває не більше 15 хв., готову сталь випускають через отвір, який під час продування закритий глиняною пробкою. Для випуску конвертор переводять у похиле положення. Перевага кисневого конвертування полягає в тому, що якість виплавленої сталі наближається до якості мартенівської сталі.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



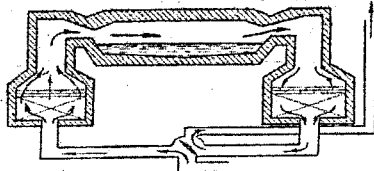
10. Виплавка сталі у мартенівських печах (запроваджена — французами П. і Е. Мартенами в 1865р.) відрізняється від конверторної виплавки більш високою температурою в плавильному просторі печі, що дозволяє перероблювати не лише чавун, але й сталеві відходи і лом.



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 $1800-1900^{\circ}\text{C}$.



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 обернений 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.

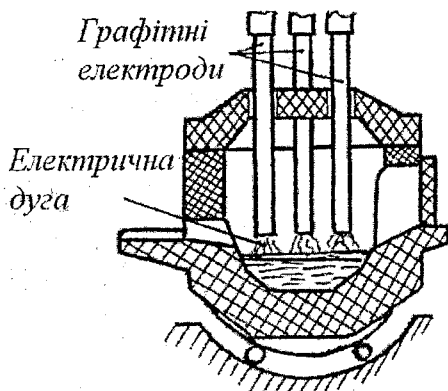


13. Україна помітно відстає від світових технологій щодо мартенівського виробництва. Якщо Японія припинила виробництво мартенівської сталі ще в 1977 р., а частка мартенівської сталі в США в 1990 р. впала до 3,6 %, то в Україні вона становить 52 %. Особливо помітне відставання України від темпів світового 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.

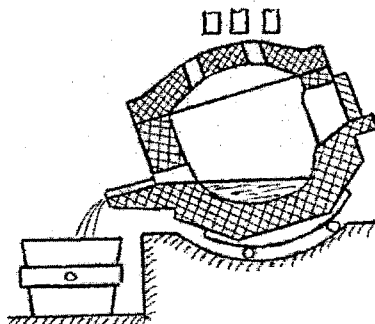
15. Якщо плавку проводять на металургійному заводі, де є доменна піч, то шихта складається із розплавленого чавуну (85 - 90%) і певної кількості сталевого лому та залізної руди. Процес плавки в цьому випадку називається рудним.

16. Виплавка сталі в електричних печах — найбільш досконалий спосіб порівняно з конверторним і мартенівським. В плавильному просторі електропечі підтримується висока температура (близько 2000°), що дає можливість вводити в сталь тугоплавкі метали. Застосування розкислювачів дозволяє видаляти, майже цілком, фосфор і сірку, тим самим одержувати сталь високої якості.

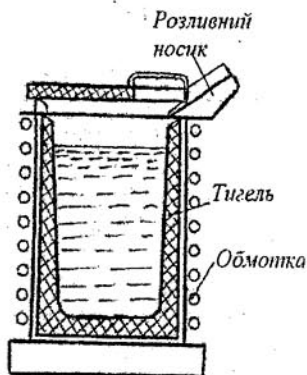


17. Електричні плавильні печі поділяються на дугові та індукційні. Дугова плавильна піч складається із сталевого кожуха, викладеного зсередини вогнетривкою цеглою. Зверху через спеціальні отвори вводять графітові електроди. Шихту завантажують через завантажувальне вікно. При проходженні електричного 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 котунів, які подають у шахтну піч прямого відновлення заліза. Знизу в піч подається газ-відновник (чадний газ) з температурою близько 1000°C, 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 котунах підвищується до 90...95 %. Далі котуни поступають в електропіч, плавляться, метал очищається від домішок, до нього додають необхідні концентрати і дістають леговану сталь.

Залитання для самоконтролю

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?

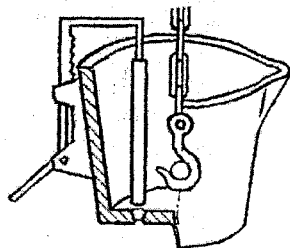
1.3 Розливання сталі (Навчальний елемент №3)

Цілі

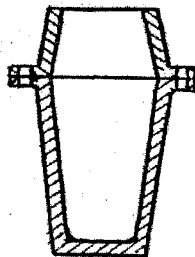
Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен мати уявлення про:

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

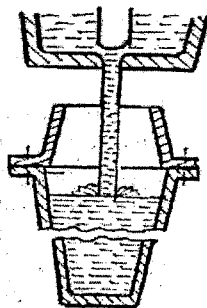
1. Розливання сталі після її плавлення має важливе значення у виробництві цього металу. Виплавлену у плавильній печі сталь випускають у розливний ківш і мостовим краном переносять до місця розливання у злитки.



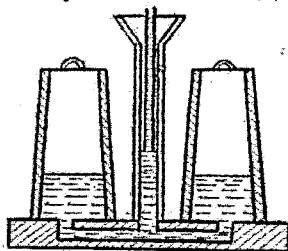
2. Сталь розливають у спеціальні форми – виливниці, чавунні форми для одержання великих зливків (*bullion*) різного перерізу (квадрат, прямокутник, багатокутник або круг). Маса злитків для прокатки становить більше 10 т, а для поковок досягає 350...400 т. У виливницях розплавлений метал остигає.



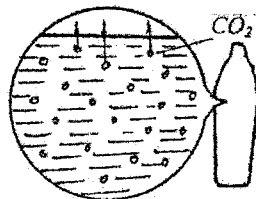
3. При застиганні рідкої сталі в виливниці будова її отримується неоднорідною. Залежно від способу виплавки сталі поділяють на спокійні, напівспокійні і киплячі. Всі вони мало відрізняються статичною міцністю, проте мають різні пластичні властивості, які найбільші в спокійній сталі й найменші в киплячій. Спокійна сталь (*calm steel*) виділяє мало газів і не „кипить”, тому зливков 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 злитка, тому в ньому утворюється велика кількість розосереджених газових пухирів. 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.

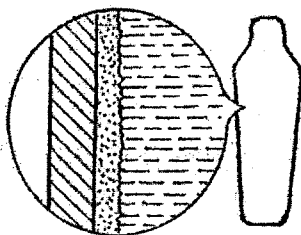


5. Напівспокійну сталь (*semiquiet steel*) добувають при розкислюванні феромарганцем і недостатній кількості феросиліцію або алюмінію. У цьому випадку злиток не має концентрованої усадочної раковини. Така сталь за якістю і цінністю є проміжною між киплячою і спокійною.

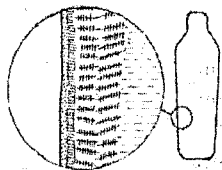


6. При заливанні у форму великої маси металу затвердіння не може відбуватися одночасно у всьому об'ємі злитка, воно розпочинається в тих місцях, від яких найбільш швидко відводиться тепло – біля стінок і дна форми, а потім поширюється всередину форми. Тому в злитку спостерігаються зони (шари) з різною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

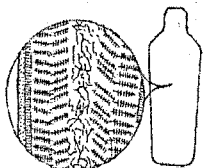
- зовнішній шар зливка складається з дрібних неорієнтованих зерен, бо сталь охолоджують відносно швидко. Кристали утворюються при дотиканні розплавленого металу з відносно холодними стінками виливниці; він значно переохолоджується і виникає багато центрів кристалізації. Ця зона поширюється на невелику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



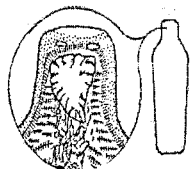
- після утворення першої зони умови тепло відведення змінюються, швидкість охолодження металу зменшується. Ріст кристалів набуває направленого характеру – вони ростуть від стінок форми до центра, в напрямі протилежному до відведення тепла, утворюється зона стовпчастих кристалів;



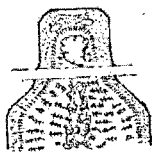
- у центрі зливка утворюється зона рівноважних кристалів. Температура металу, що застигає, встигає майже повністю вирівнятися в різних точках і рідина перетворюється ніби в кашоподібний стан.



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

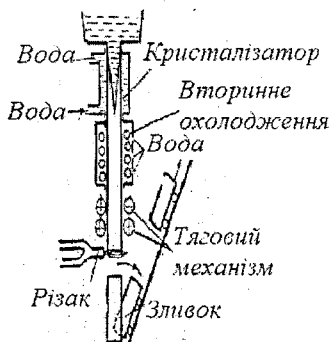


- Верхню частину зливка де знаходиться усадочна раковина, яка називається додатком (*exhibit*), відрізають і направляють на переплавлення.

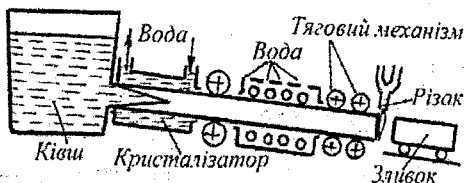


- Спосіб безперервного розливання сталі

– найбільш продуктивний і економічний. Першими 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 зливоч, який безперервно витягується вниз роликми, які обертаються. Кінцево затвердлий вилісок направляється до вазиків з газорізаками. Опускаючись разом з вазиками, зливки потрібної довжини відрізають і подають на склад.

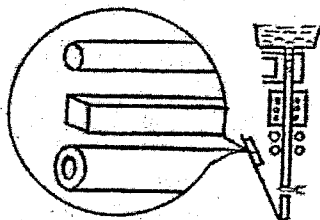


9. Поряд із способом вертикального розливання широко застосовують: радіальні, криволінійні, горизонтальні. Суть способу безперервного розливання сталі горизонтального типу досить проста: рідка сталь із ковша надходить у наскрізну охолоджувану водою виливницю – кристалізатор.



рідка сталь із ковша надходить у наскрізну охолоджувану водою виливницю – кристалізатор. До початку розливання в каталізатор 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 каталізатора 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 злитки від квадратних або круглих різних розмірів до пустотілих у вигляді товстостінних труб. На злитках відсутні усадочні раковини, що забезпечує вихід придатного металу до 98 % від маси виплавленого. Поверхня таких виливків відзначається високою якістю, а метал – однорідною будовою.



Запитання для самоконтролю

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)

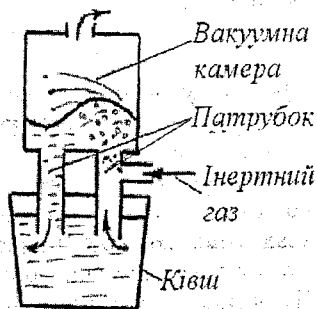
Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

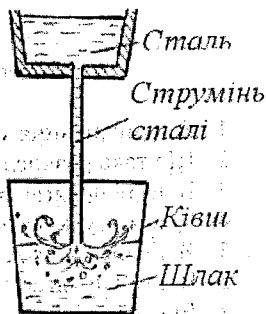
- суть позапічного рафінування сталі;
- основні способи позапічного підвищення якості сталі за рахунок рафінування (очищення);
- поняття про вакуумну обробку сталі;
- загальні способи переплавлення сталі і сплавів.

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 позапічного рафінування і рафінувальних переплавлень.

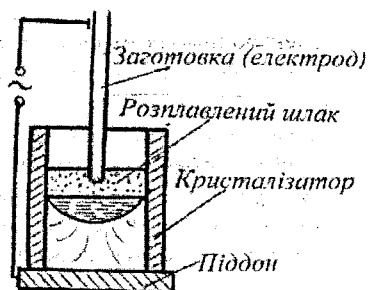
2. Один із методів позапічного рафінування сталі, який найчастіше застосовують – є обробка у вакуумі. Таку обробку застосовують для зменшення вмісту в сталі розчинених газів (O_2 , H_2 , N_2). При цьому завдяки інтенсивному перемішуванню металу бульбашками газів, що виділяються, відбувається видалення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



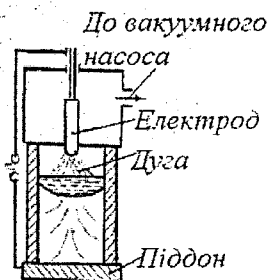
3. Обробка сталі синтетичним шлаком. Суть цієї обробки полягає в тому, що спочатку розливний ківш заливають рідкий шлак (близько 45 % CaO , 40 % Al_2O_3 , а решта SiO_2 і MnO) кількістю 3...5 % від маси рідкої сталі. Потім з висоти потужним струменем випускають виплавлену сталь. У результаті інтенсивного 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 водою виливниці і утворюють злиток. При цьому кристалізація металу проходить послідовно, що сприяє видаленню неметалевих вкраплень і бульбашок газу.



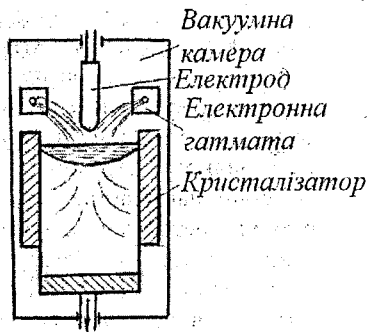
5. Вакуумно-дугову переплавку проводять у вакуумних дугових печах з електродом, що переплавляється, при цьому злиток утворюється, як і при електрошлаковому переплавленні. У печі підтримується вакуум близько 1,5 Па, що сприяє добрій очистці металу від газів, а направлена кристалізація забезпечує видалення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



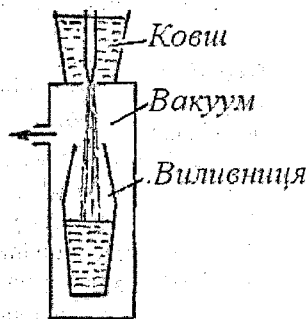
6. Плазмово-дугову переплавку застосовують для добування сталі і сплавів особливо високої чистоти. Джерелом теплоти в установці є плазмова дуга з температурою близько 10000 К. Вихідний матеріал для виготовлення злитків поступає у вигляді електрода чи відходів металлообробки. Завдяки високій температурі 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 плазово-дуговому 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 зі спеціальними властивостями.



Запитання для самоконтролю

1. Що таке позашічне рафінування сталі?
2. В чому суть вакуумної обробки сталі?
3. За рахунок чого відбувається видалення частин неметалевих включень при переплавленні металу?
4. В чому полягає суть електрошлакового переплавлення сталі?
5. Які Ви знаєте способи підвищення якості сталі?
6. В чому полягає суть плазово-дугового переплавлення сталі і сплавів?
7. В чому суть обробки сталі синтетичним шлаком?

1.5 Виробництво кольорових металів (Навчальний елемент №5)

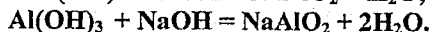
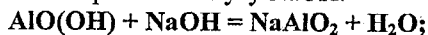
Цілі

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.

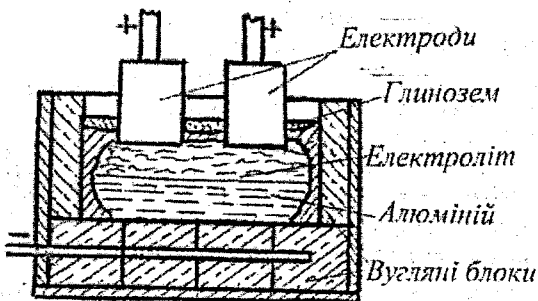
1. Виробництво алюмінію. Алюміній – найпоширеніший метал в земній корі. Його вміст становить 8,8 %. Добувають алюміній із порід з високим вмістом глинозему Al_2O_3 або гідроксидів $\text{Al}(\text{OH})_3$ та $\text{AlO}(\text{OH})$. Виробництво алюмінію складається з двох процесів: виділення глинозему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

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 .

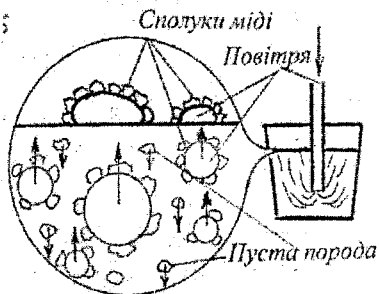
3. Електроліз глинозему. Утворений глинозем розчиняють у рідкому електроліті (розплавлений кріоліт – фторид алюмінію і натрію Na_3AlF_6 і піддають електролізу в електролізних ваннах, які складаються зі сталюого кожуха, футерованого всередині вугляними блоками і вугляних анодів підвішених на шинах. При проходженні струму через аноди, занурені в електроліт, на стінках ванни виділяється алюміній.



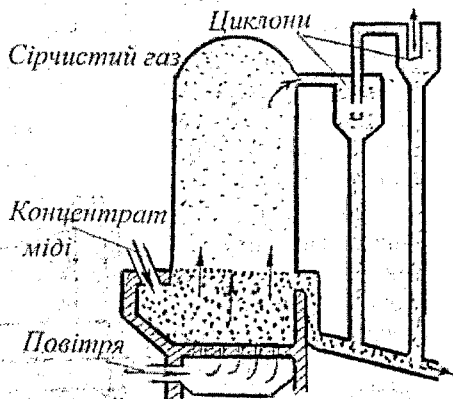
4. Рафінування алюмінію полягає в продуванні рідкого металу при температурі $750...770^{\circ}\text{C}$ хлором протягом $10...15$ хв. Після цього метал розливають форми для отримання чушок, які можуть прокатуватися в листи.

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 $750...850^{\circ}\text{C}$ 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.

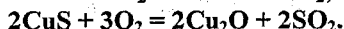
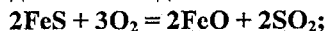


8. Штейн у затверділому стані – це сплав сульфідів, переважно міді і заліза і сульфідів цинку, свинцю, нікелю. Мета плавки на штейн – відділення сірчистих з'єднань міді і заліза від інших домішок, що присутні в руді.

9. Чорнова мідь утворюється при продуванні розплавленого штейну повітрям у конверторі – горизонтально розташованій посудині завдовжки 5...10 м і діаметром 3...4 м, футерований магнезитовою цеглою. Повітряне дуття подається всередину конвертора крізь фурми. Для заливання штейну в горловину і виливання продуктів плавлення конвертор повертають на роликах.

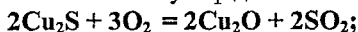


10. Конвертування проходить за два періоди. У першому періоді окислюються сульфіді заліза і міді:



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

11. У другому періоді окисляються сульфіді заліза і міді:

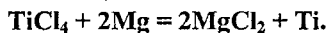


Виплавлену мідь називають чорною тому, що вона містить до 1,5 % домішок.

12. Для очистки від домішок чорнову мідь піддають вогневому і електролітичному рафінуванню. Вогневе рафінування полягає в окисненні домішок у печах при продуванні чорнової 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 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$) і титаніт ($\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{SiO}_2$).
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:
- $$\text{TiO}_2 + 2\text{Cl}_2 + \text{c} = \text{TiCl}_4 + \text{CO}_2.$$
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 в вигляді губки. Плавку титанової губки здійснюють у вакуумних електродугових печах. Чистота титану становить 99,6...99,7 %.

Запитання для самоконтролю

1. Який метал найпоширеніший в земній корі?
2. Який метал добувають з глинозему?
3. З яких руд добувають основні кольорові метали?
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?

1.6 Тести модульного блока №1

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) металевого 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 зливки, при розливанні сталі?
а) додаток; б) опока; в) усадочна раковина?
19. Який метал найпоширеніший в земній корі?
а) залізо; б) мідь; в) алюміній.

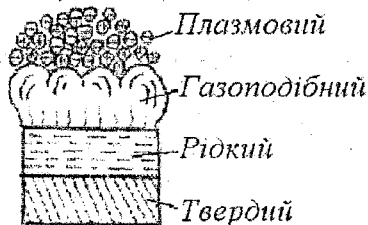
2.1 Атомно-кристалічна будова металів (Навчальний елемент №6)

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 і як вона впливає на властивості металу.

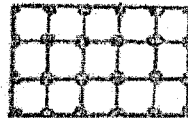
1. Відомо, що речовина при звичайних температурах і тисках може перебувати у твердому, рідкому і газоподібному станах. При певних умовах вона ще може бути у плазмовому (частково або повністю іонізований газ) або надгустому станах.



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*).

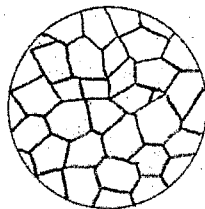


Хаотичні

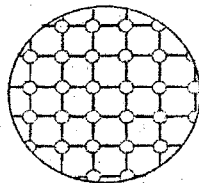


Кристалічні

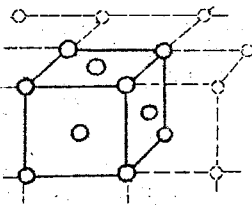
3. Метали в твердому стані характеризуються такими ознаками: високою теплопровідністю і електропровідністю; позитивним коефіцієнтом електричного опору; термоелектронною емісією; високим альбедо (відбивною здатністю); підвищеною здатністю до пластичної деформації (ковкістю).
4. Найбільш поширеним є використання 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 атомів у просторі, що утворюють просторову (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.

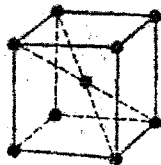


6. Кожна кристалічна решітка складається з багатьох елементарних кристалічних комірок, які мають різну кількість атомів або іонів. Під елементарною кристалічною коміркою розуміють найменший комплекс атомів, який при багаторазовому повторюванні в просторі дозволяє відтворити кристалічну решітку.

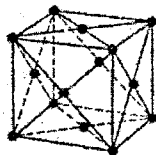


7. Для більшості чистих металів і їх сплавів найбільш характерними є три типи кристалічних решіток:

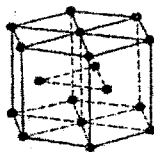
- кубічна об'ємноцентрована решітка (ОЦК), в елементарній коміріці якої міститься дев'ять атомів (вісім у вершинах куба і один – у центрі). Чорні кружки, що зображують атоми, містяться в центрі і в вершинах куба. Такий тип решітки мають літій, натрій, калій, ванадій, молібден, вольфрам, ніобій, тантал,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



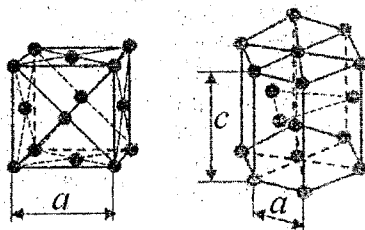
- кубічна гранецентрована решітка (ГЦК), в елементарній коміріці якої знаходиться 14 атомів (вісім – у вершинах і шість – на гранях куба). Таку решітку мають мідь, золото, срібло, алюміній, свинець, платина, нікель, кальцій, γ -залізо при $910-1401^{\circ}\text{C}$ тощо;



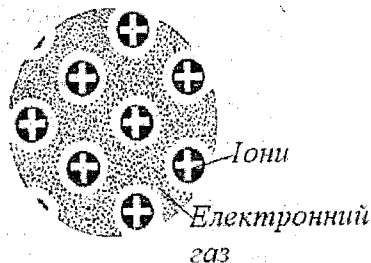
- гексагональна решітка з щільною упаковкою атомів (ГПУ), в елементарній коміріці якої знаходиться 17 атомів. Таку решітку мають магній, цинк, кадмій, титан (α -фаза) до 885°C , телур, берилій, гафній, осмій та інші.



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 .



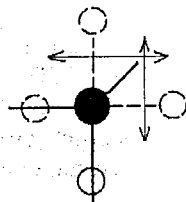
9. Утворення кристалічної решітки атомами металів зумовлюється металевим зв'язком. Суть його полягає у тому, що згідно з теорією металічного стану, у всіх, або в деяких атомів з вузлів кристалічної решітки, окремі валентні електрони, які знаходяться на зовнішній електронній оболонці, відриваються і вільно 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 металевий зв'язок між ними.



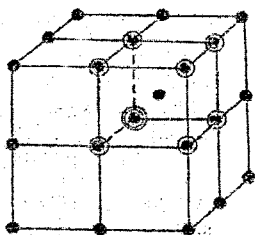
10. Залежно від числа атомів металу, які втрачають електрони і стають позитивно зарядженими іонами, загальна кількість вільних електронів може бути різною, що і зумовлює різні властивості в різних металах: тепло- і електропровідність, пластичність тощо.



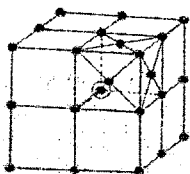
11. Атоми металів знаходяться у коливальному русі біля точок, які називають „вузлами” решітки. Чим вища температура, тим більша амплітуда цих коливань.



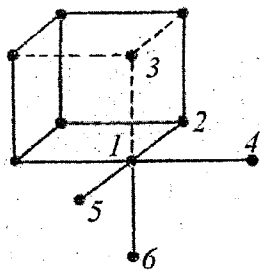
12. Елементарні кристалічні комірки заповнені атомами з різною щільністю, тобто мають різну компактність. Наприклад, в ОЦК-решітці один атом знаходиться в центрі куба і в восьми вершинах знаходиться вісім атомів, котрі одночасно належать восьми сусіднім елементарним коміркам. Значить, на кожну елементарну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



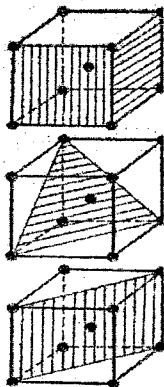
13. Решітка ГЦК має базисне число $(1/8) \cdot 8 + (1/2) \cdot 6 = 4$, а ГПУ – 6. Щільність елементарної комірки в різних кристалічних ґратках різна, тобто, об'єм, який займають атоми, не однаковий.



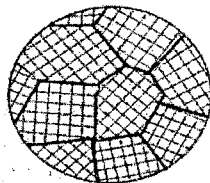
14. Щільність кристалічної комірки характеризується координаційним числом К, яке вказує на число атомів, що знаходяться на рівній і найменшій відстані від даного атома, воно характеризує розподіл сил взаємного зв'язку між атомами.



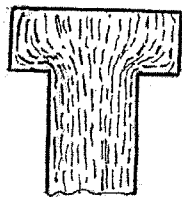
15. Чим вище координаційне число, тим більша щільність упаковки атомів. Якщо провести площини в комірках, в деяких певних напрямках, то в різних площинах виявиться різне число атомів. Неоднорозова щільність атомів в різних напрямках викликає в них різні механічні і фізичні властивості кристала.



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



17. Метали, які затверділи при звичайних умовах, складаються з великої кількості по різному орієнтованих кристаліків, тому властивості цих металів будуть приблизно однаковими за 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.



Запитання для самоконтролю

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 комірка?
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 комірку?
12. Що таке анізотропія і як вона впливає на властивості металу?

2.2 Дефекти кристалічної будови (Навчальний елемент №7)

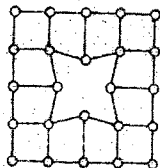
Цілі

Засвоївши даний розділ, студент повинен володіти інформацією щодо:

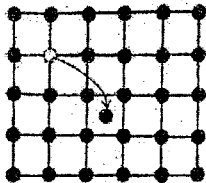
- причин утворення дефектів кристалічної будови реальних металів;
- дислокацій, їх визначення та причин утворення;
- впливу дефектів кристалічної будови металів на їх властивості.

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.

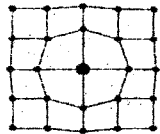


3. Міжвузлові атоми утворюються в результаті переходу атома з вузла кристалічної решітки в міжвузловий простір. На місці атома, який вийшов з кристалічної решітки, утворюється вакансія.

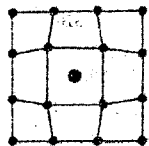


4. Примісні атоми – атоми іншого матеріалу, деформують кристалічну решітку кристала внаслідок:

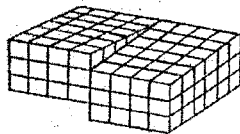
- відмінності своїх розмірів від розмірів атомів основного металу, заміщаючи атоми у вузлах кристалічної решітки;



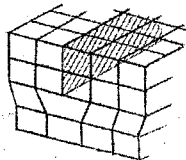
- або займаючи вільний простір між вузлами основної решітки.



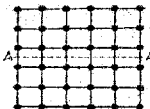
5. Дислокаціями (*dislocation*) називають лінійні недосконалі або одновимірні дефекти кристалічних решіток реальних металів, що являють собою особливі порушення кристалічної будови, які пов'язані з відхиленням реальних кристалів від ідеальної їх будови. Виникають вони в металах в процесі кристалізації, пластичної деформації та з інших причин, що викликають 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.



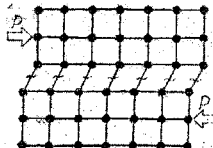
6. Крайова дислокація (*virginal dislocation*) – локальне спотворення кристалічної решітки, яке викликане присутністю в ній зайвої атомної півплощини. Дислокаційні лінії не обриваються всередині кристалу, вони виходять на його поверхню, закінчуються на інших дислокаціях або утворюють замкнуті дислокаційні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



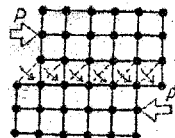
7. Уявімо елементарний пластичний зсув для кожної пари спряжених атомів відносно площини ковзання AA 1-1¹, 2-2¹ і т.д. з врахуванням сил міжатомної взаємодії.



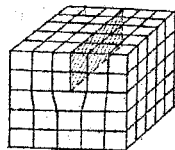
8. Враховуючи, що в площині ковзання реального металевого кристалу є біля 10^{14} атомів на кожний см^2 перерізу, потрібно надмірно велике зусилля (для технічного заліза в десятки разів більше, ніж це реально спостерігається).



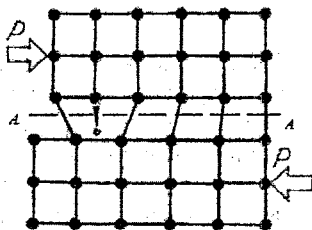
9. При досягненні необхідного зусилля відбувається пластичний зсув по всій площині ковзання.



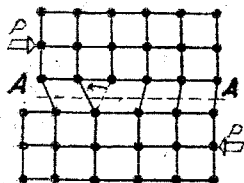
10. Якщо уявити, що в кристалічній решітці з яких-небудь причин з'явилась зайва півплощина атомів, так звана екстра площина. Край 5 – 4¹ такої площини утворює лінійний дефект решітки, який називають крайовою дислокацією. Така дислокація може простягатися в довжину на багато тисяч періодів решітки. Кругом дислокації утворюється зона пружного скривлення решітки.



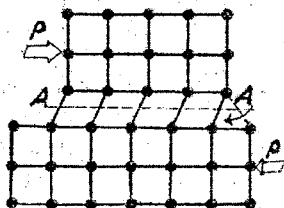
11. Пластичний зсув в металі слід роздивлятися як процес естафетного переміщення дислокацій. В результаті наявності дислокації в кристалі по обидві сторони зсуву AA виникає скривлений стан кристалової решітки з порушенням порядком ідеальних зв'язків між атомами. В цьому випадку достатньо буде прикласти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



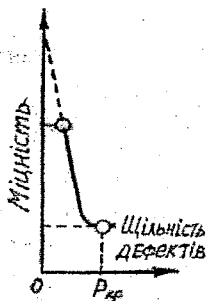
12. В результаті проходження цієї хвилі дислокації, як своєрідної естафети, дислокація буде послідовно передаватися сусіднім рядам атомів, поки не вийде на межу зерна.



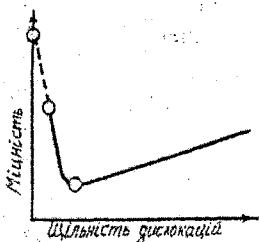
13. При передачі руху від частого зміщення рядів атомів дислокація вийде на поверхню, де і зникне, як це показано на рисунку. Так, кінцевим результатом переміщення дислокації вздовж площини ковзання AA є зсув на одну міжатомну відстань, причому для виконання цього зсуву знадобилося значно менше зусилля,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



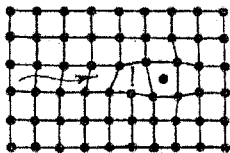
14. Звідси можна зробити висновок, що процес зсуву в кристалі відбувається тим легше, чим більше дислокацій існує в металі. Навпаки, чим менше в металі таких дислокацій, тим менше можливостей для зсуву і тим він міцніший. В металі, в якому не утворюються дислокації, зсув можливий тільки за рахунок одночасного 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 (підрахованої 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 ґратку основного металу чужорідних атомів), які утворюють всякого роду недосконалість і викривлення кристалічної ґратки, що чинить перепони вільному переміщенню дислокацій або блокують їх.

Запитання для самоконтролю

1. Що є причиною виникнення дефектів реальних кристалів?
2. Що таке вакансії?
3. Що таке міжвузлові атоми?
4. Чим відрізняється пластичний зсув в ідеальній кристалічній ґратці, від реальної?
5. Як змінюється 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:

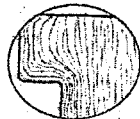
- застосування різних методів дослідження структури металів та сплавів;
- поняття мікроаналізу та макроаналізу внутрішньої будови металів та сплавів;
- способів дослідження структури мікроаналізом та макроаналізом;
- вимог стосовно виготовлення мікро- та макрошліфів;
- фізичного та термічного аналізів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



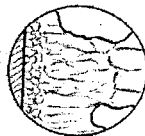
- характерного розташування волокон у деформованому металі (кованих та штампованих деталях);



- якості зварних швів, пористості, раковин, тріщин, шлакових включень, наявності сіркових та інших домішок,



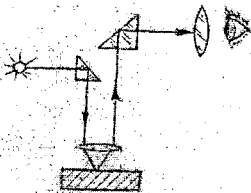
- первинних кристалів та пустот, які з'являються після лиття.



3. Макробудову можна вивчити не лише безпосередньо на поверхні металів (відливки, поковок), але й в зламах заготовок або на спеціально підготовлених вирізаних поверхнях, в тому числі і внутрішніх, які перед дослідженням шліфують і протравлюють спеціальними травниками для більш рельєфного виявлення структури цих поверхонь.

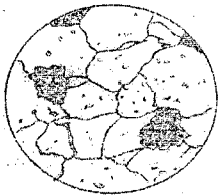
4. Макрошліф – це зразок, підготовлений шліфуванням та травленням реактивами після вирізування його з деталі за характерним перерізом. Реактиви (кислоти, лугів чи солей) здатні по-різному забарвлювати та розчиняти складові структури зразка, а також розширювати тріщини, пори та сприяти більш досконалому 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.



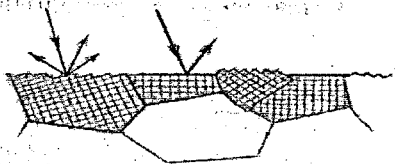
6. Для визначення структури виготовляють мікрошліф, поверхню якого розглядається під мікроскопом. Готують мікрошліфи спочатку так само як і макрошліфи (вирізання та шліфування зразків), але тут обов'язкове полірування поверхні перед травленням. Властивості металів та сплавів визначаються головним чином 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.

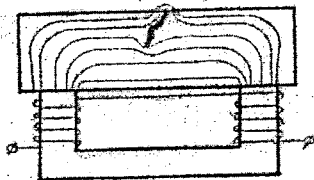


8. Мікрошліфом називають зразок, поверхню якого відполірована. Чим більш гладенькою буде поверхня шліфа, тим чіткіше одержимо зображення структури, тому що мікроструктуру можна розглядати лише в світлі променів, відбитих від поверхні мікрошліфа.

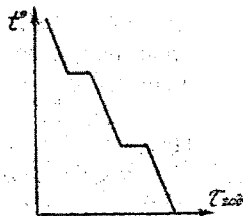
9. При травленні хімічними реактивами поверхні мікрошліфа не всі її ділянки розчиняються однаково. Розчинність полірованої поверхні залежить від характеру орієнтації зерен у металі та хімічного складу. Оскільки зерна в металі розміщені одне проти одного по-різному, то вони неоднаково й розчиняються – 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.



Запитання для самоконтролю

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?

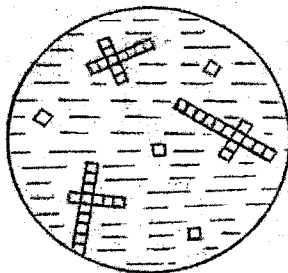
2.4 Плавлення та кристалізація металів (Навчальний елемент №9)

Цілі

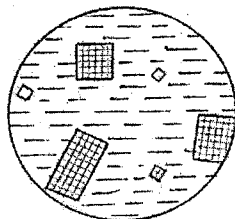
Засвоївши даний навчальний елемент, студент повинен володіти технічною інформацією щодо:

- 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.

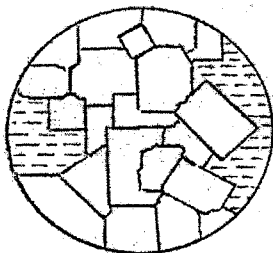
1. Процес кристалізації – це процес утворення кристалів. Доки метал знаходиться в рідкому стані, атоми перебувають у стані безперервного руху. При наближенні до температури затвердіння ще в рідкому стані атоми в окремих місцях розташовуються в просторі так само, як і в кристалічних решітках, утворюючи атомнокристалічні 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.

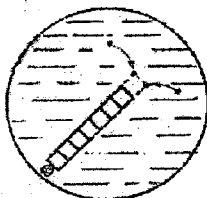


3. Але це відбувається лише до моменту зустрічі двох зростаючих кристалів. В тому місці, де вони зустрінуться, ріст припиниться. Тепер кожний кристал буде рости лише в тому напрямку, в якому йому не перешкоджає поруч розташований кристал. За цих умов правильна геометрична форма кристала не зберігається.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



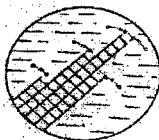
4. Однак такі умови утворення росту кристалів спостерігаються лише за дуже повільного охолодження. За умов прискореного охолодження, що мають місце в більшості випадків практичної кристалізації металів, механізм утворення кристалів зерен носить інший характер, так званий дендритний (*dendrite*).

5. Дендритна (скелетоподібна) кристалізація полягає в тому, що ріст зародків (зачатків) 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.



Гілки першого
порядку

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



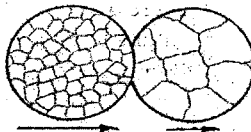
Гілки другого
порядку

Гілки третього
порядку

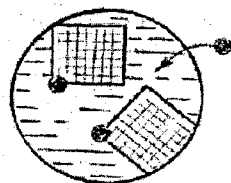
8. Однак в міру кристалізації утворюються гілки все більш високого порядку (четвертого, п'ятого, шостого і т.д.), які поступово заповнюють усі проміжки, раніш заповнені рідким металом.



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 зачатки, тобто чим більша швидкість росту кристалів, тим менше буде число зерен, а кожне зерно буде більш крупним.

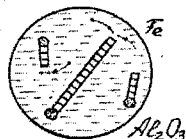


10. Однак слід зазначити, що можливість регулювання швидкості охолодження в процесі кристалізації, дуже обмежена. З метою регулювання розмірів зерен широко використовують штучне введення в розплавлений метал речовин, які утворюють центри кристалізації. Штучне введення в рідкий метал тугоплавких дрібних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

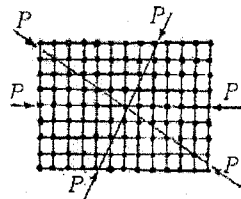


Центри
кристалізації

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 $2050^\circ C$. Отже, коли сталь перебуває ще в рідкому стані, при $1600 - 1700^\circ C$, 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 розміщених один відносно одного.



Запитання для самоперевірки

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

2.5 Тести модульного блока №2

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 теплопровідністю; 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 ґранецентрованій кубічній решітці: а) 14; б) 9; в) 12?
7. Якою є решітка, в елементарній комірці якої знаходиться 14 атомів: а) об'ємцентрована; б) ґранецентрована; 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) зварювальні 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) температури?
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?

3 МЕТАЛЕВІ СПЛАВИ (Модульний блок 3)

3.1 Будова та характеристика сплавів (Навчальний елемент №10)

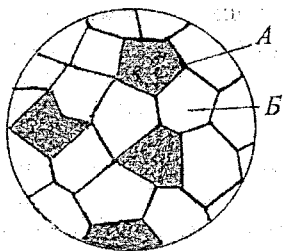
Цілі:

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.

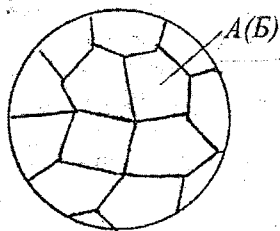
1. Чисті метали як конструкційні матеріали майже не використовують внаслідок того, що їх фізико-хімічні властивості рідко задовольняють вимоги інженерів. Якщо в чисті метали додати (легувати) інші метали або металоїди, то можна отримати сплав (*alloy*) з іншими властивостями, часто кращими, ніж в чистого 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 ґраток, а при однаковому типі кристалічних ґраток – 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.

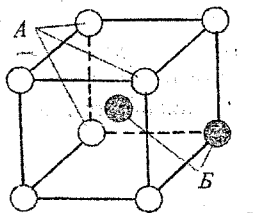


7. Як правило, механічні суміші утворюють метали, які різко відрізняються атомними об'ємами і температурою плавлення. Наприклад, температура плавлення свинцю 327°C , а сурми 631°C , їх кристалічні решітки неоднакові: в свинцю ГЦК, а в сурми ромбодрична. Властивості сплавів механічних сумішей залежать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

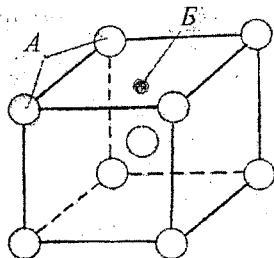
8. Твердий розчин утворюється, коли компоненти сплаву взаємно розчиняються один в одному і в рідкому, і в твердому стані, а атоми в просторі розміщені закономірно, утворюючи кристалічну ґратку. При цьому один із компонентів, який входить до складу сплаву, зберігає характерну йому кристалічну ґратку, а другий компонент, втрачаючи свою кристалічну будову, у вигляді окремих атомів розміщується в кристалічній ґратці 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.

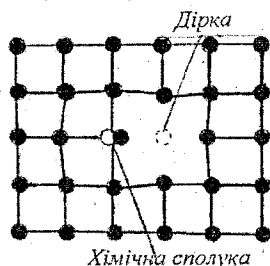


10. Твердий розчин проникнення – це розчин в якому атоми Б розчиненого елемента розміщуються між атомами А розчинника в його кристалічній решітці. Для утворення твердого розчину проникнення необхідно, щоб відношення атомного радіуса розчиненого елемента до атомного радіуса розчинника було $\leq 0,59$. 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 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).



Запитання для самоконтролю

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, які різко відрізняються атомним об'ємом і температурою плавлення?
5. Чи можна отримати сплав металу з неметалом?

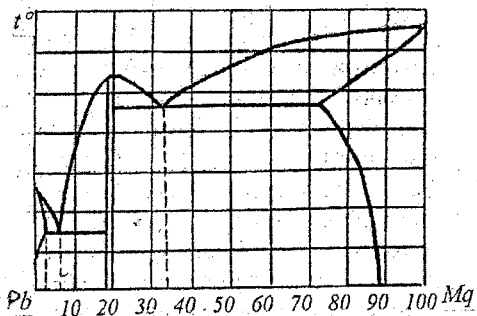
3.2 Діаграма стану подвійних сплавів (Навчальний елемент №11)

Цілі

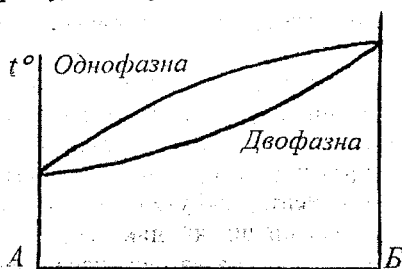
Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме інформацією щодо:

- визначення діаграми стану сплаву та її будова;
- 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 з 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 розділу. 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.

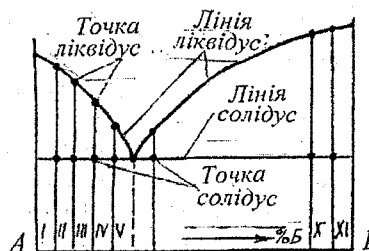


-

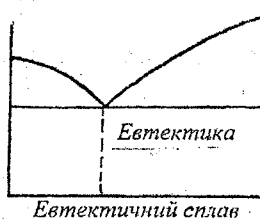
4. Діаграми стану сплавів будуються на основі їх вивчення методами термічного та інших аналізів. Для термічного аналізу готують ряд сплавів з поступово змінним вмістом одного із компонентів сплаву (наприклад, 10, 20, 30% і т. п.). τ_0

-

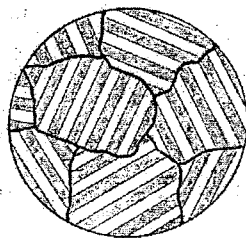
6. Точка, що відповідає початку кристалізації, називається точкою ліквідус, точка, що відповідає кінцю кристалізації - точкою солідус. З'єднавши точки, що мають однакову фізичну суть, одержимо діаграму стану досліджуваної системи. Геометричне місце точок ліквідус утворюють лінію ліквідус, а геометричне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



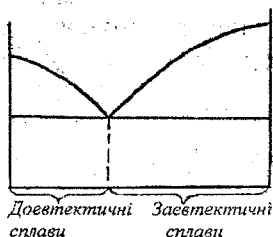
7. Найбільш легкоплавкий сплав системи, первинна кристалізація якого протікає при сталій температурі, називається евтектичним сплавом, а структура, що отримується при кристалізації рідкого розчину евтектичного складу, називається евтектикою (*eutektos*).



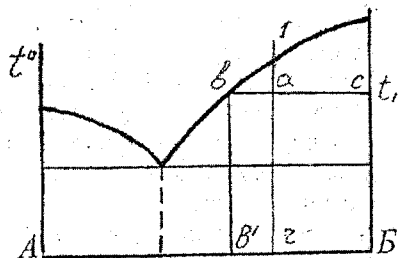
8. Лінія ліквідус за своєю фізичною суттю є лінією насичення, тобто вказує насичений склад рідкого розчину. Тому в інтервалі температур кристалізації сплавів рідкий розчин безперервно змінює свій склад, рухаючись по лінії ліквідус. При температурі кристалізації евтектики у всіх сплавах залишок рідкого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



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

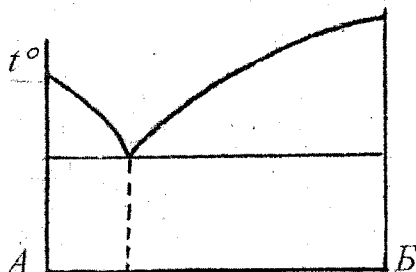


10. Правилем відрізків визначають кількісне співвідношення фаз або структурних складових, згідно з яким в даному сплаві при заданій температурі кількість структурних або фазових складових прямо пропорційна величині протилежних відрізків. Щоб визначити концентрацію компонентів у фазах, через дану точку, 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.

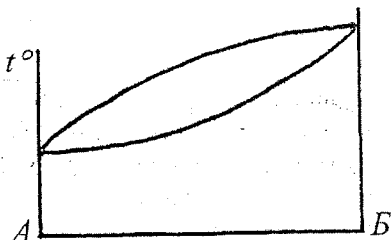


11. Розрізняють чотири головних типи діаграм стану подвійних сплавів: механічну суміш, твердий розчин з необмеженою розчинністю компонентів, твердий розчин з обмеженою розчинністю компонентів і хімічну сполуку.

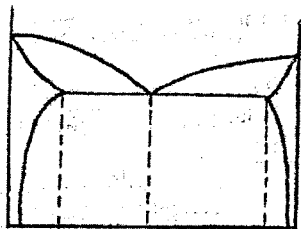
12. Діаграма стану 1 типу. На цій діаграмі показана кристалізація сплавів, обидва компоненти яких необмежено розчинні один в одному в рідкому стані, а в твердому утворюють механічну суміш своїх кристалів. За такою діаграмою кристалізуються подвійні сплави свинець-сурма, хром-марганець, нікель-хром тощо.



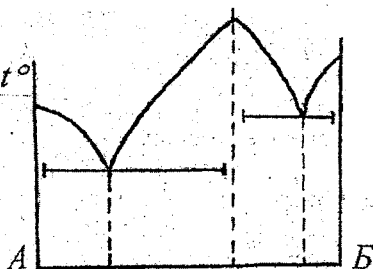
13. Діаграма стану 2 типу. За цією діаграмою кристалізуються сплави, обидва компоненти яких необмежено розчинні один в одному і в рідкому і в твердому вигляді і не утворюють хімічних сполук (Cu-Ni, Fe-Cr, Ag-Au тощо).



14. Діаграма стану 3 типу. За цією діаграмою кристалізуються сплави, обидва компоненти яких необмежено розчинені 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?

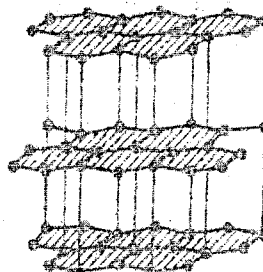
3.3 Компоненти і фази у сплавах залізо з вуглецем (Навчальний елемент 12)

Цілі

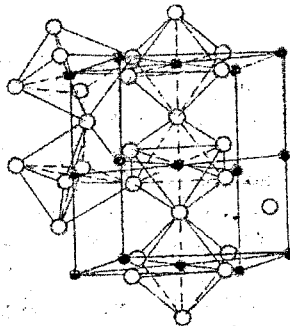
Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме інформацією щодо:

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

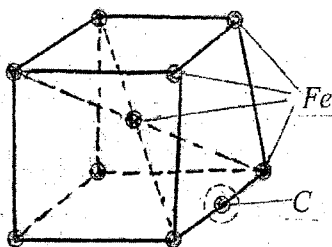
1. Сталь і чавун – сплави заліза з вуглецем. Вони набули широкого використання в будівництві і техніці. Російські вчені (розумій і українські) ще в позаминулому сторіччі створили сталь, яка переважала відому дамаську, розробили найбільш досконалі способи виробництва сталі, вперше розробили наукові основи термічної обробки сталі.
2. Залізо (*iron*) – це сріблясто-сірий, блискучий метал, що має густину 7870 кг/м^3 , температуру плавлення 1539°C . У твердому стані залізо може знаходитися в двох поліморфних модифікаціях: об'ємноцентрованого (ОЦК) і гранецентрованого (ГЦК) куба. В інтервалі температур $911\ldots 1392^\circ\text{C}$ залізо має гранецентровану кубічну кристалічну ґратку. Нижче 911°C і вище 1392°C – 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 Fe_3C – карбід заліза (цементит).
4. Графіт (*graphite*) – це модифікація вуглецю. Температура плавлення графіту 3500°C . В кристалічній ґратці 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.



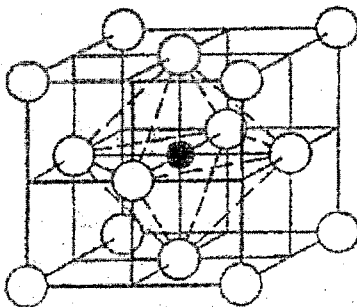
5. Цементит (*cementite*) – це хімічна сполука вуглецю із залізом (карбід заліза - Fe_3C), яка відповідає концентрації вуглецю 6,67%. Цементит має складну решітку. Цементит має високу твердість, але дуже низьку пластичність. Цементит нестійкий і може розпадатися на залізо і вуглець у вигляді графіту, що має велике значення в процесі утворення чавуну.



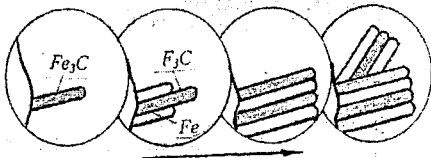
6. Ферит (*ferit*) – твердий розчин проникнення вуглецю в залізо, яке має ОЦК-гратку. Максимальна розчинність вуглецю в фериті при 723°C складає 0,02%. При зниженні температури розчинність зменшується і при кімнатній температурі складає біля 0,006%. Атоми вуглецю в фериті, очевидно, розміщуються в дефектах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



7. Аустеніт (*austenit*) - твердий розчин (*hard solution*) проникнення вуглецю в залізо, яке має гратку – гранецентрований куб, при цьому атом вуглецю знаходиться в центрі куба. Максимальна розчинність вуглецю в аустеніті при температурі 1147°C дорівнює 2,14 %. Аустеніт не магнітний і досить пластичний. Він при температурі 273°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 кристалика цементиту, аустеніт збагачується 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 евктична механічна суміш аустеніту і цементиту. Оскільки нижче 737°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.

Запитання для самоконтролю

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 ґратка?
6. Що таке цементит і як по іншому його можна назвати?
7. Як визначається ферит? Яку він має ґратку?
8. Що таке аустеніт? Яку він має кристалічну будову?
9. Що означає число 6,67 %?
10. Що таке перліт?
11. Що таке ледебурит?

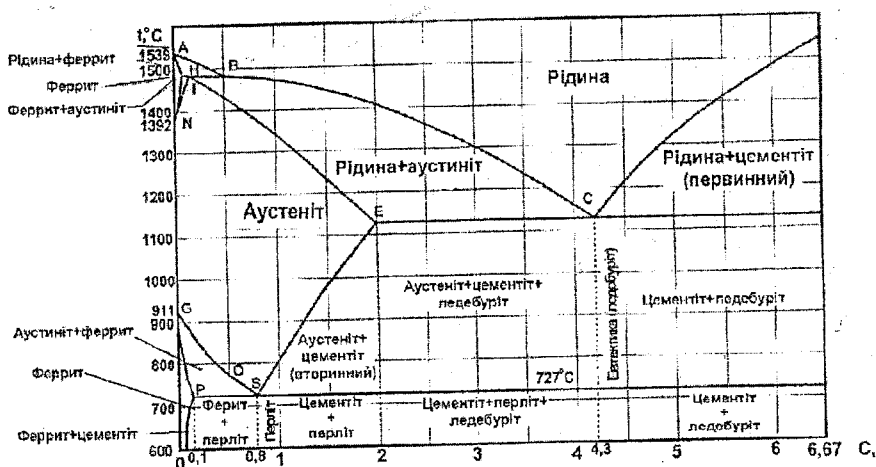
3.4 Діаграма стану залізо – вуглець (Навчальний елемент №7)

Цілі

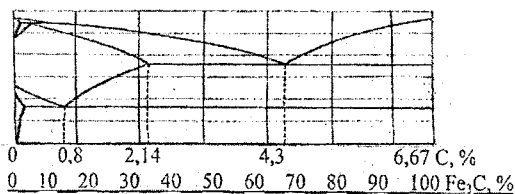
Засвоївши даний навчальний елемент, студент буде вміти визначати:

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

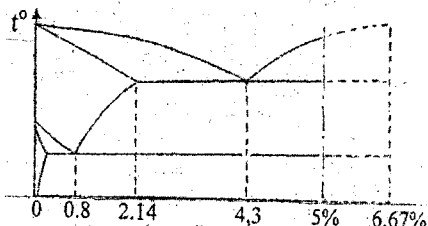
1. В діаграмі стану залізо-вуглець (цементит) розглядаються процеси кристалізації, що протікають в залізобуглецевих сплавах (сталі, чавуні) і перетворення в їх структурах, що отримані при повільному охолодженні від розплавленого стану до кімнатної температури.



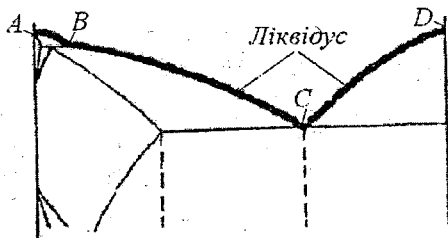
2. Можливі дві системи залізобуглецевих сплавів залізо і карбід заліза – система Fe – Fe₃C, у другій системі компонентами є залізо і графіт, система Fe – C. Діаграмою станів Fe – Fe₃C ми будемо користуватися при вивченні сталі і білих чавунів, тобто таких, в яких нема вільного вуглецю (графіту).



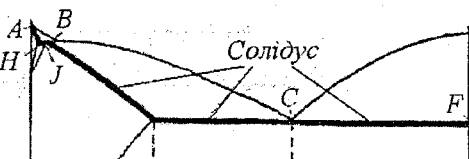
3. По вертикалі відкладають температуру, по горизонталі концентрацію вуглецю від 0 до 6,67 %. Концентрація вуглецю 6,67 % взята граничною тому, що така кількість його знаходиться в хімічній сполуці – цементит Fe_3C . Відзначити потрібно і ще й те, що сплави з концентрацією вуглецю більше 5%, не мають практичного застосування, оскільки при більшій концентрації вуглець в залізі виділяється у вигляді великих пластин графіту.



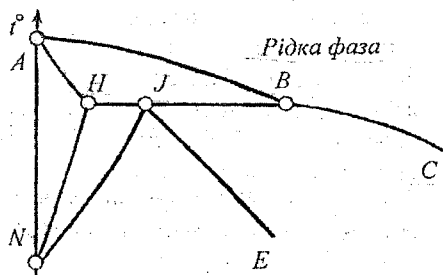
4. У координатах температура - концентрація компонентів на не-сені лінії діаграми, на кожній з яких відбуваються певні структурні перетворення. На цій діаграмі лінія ABCD – це лінія ліквідус (*likvidus*), яка показує температури початку кристалізації і кінця плавлення сплавів.



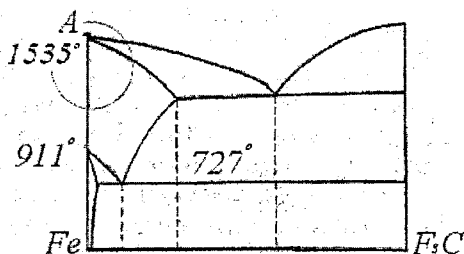
5. Лінія AHJECF – це лінія солідус (*solidus*), що показує температури кінця кристалізації і початку плавлення сплавів.



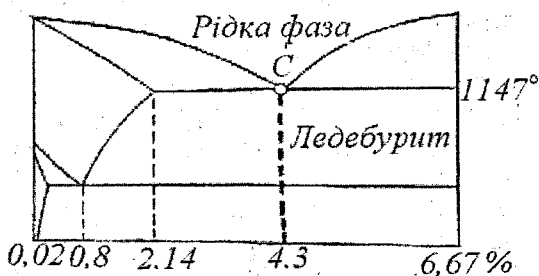
6. На лівій верхній ділянці діаграми залізо-вуглець (в області перитектичного перетворення) на ділянці AB лінії ліквідус рідкий розчин переходить у ферит, на ділянці BC – в аустеніт. Кристалізація фериту закінчується на ділянці AH, а аустеніту – на ділянці JE лінії солідус.



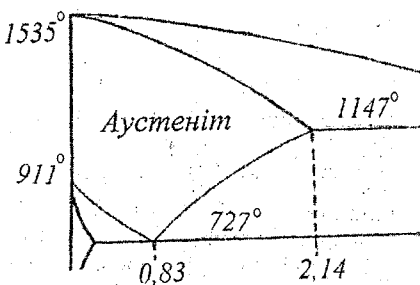
7. У переважній більшості випадків ми з перитектичним перетворенням зустрічатися не будемо (сталь не нагрівають до цих температур при термічній обробці і при різних видах гарячої деформації). Тому іноді спрощують ліву верхню частину діаграми, вважаючи умовно, що при всіх концентраціях аустеніт виділяється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



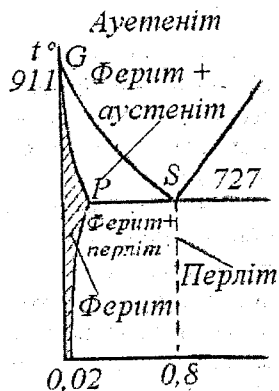
8. Залізвуглецеві сплави з концентрацією вуглецю від 2,14 до 6,67 % називаються чавунами. Особливості первинної кристалізації цих сплавів полягає в тому, що в них вона завершується евтектичним перетворенням при 1147°C, коли рідина концентрації 4,3% перетворюється в дві тверді фази – аустеніт з концентрацією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



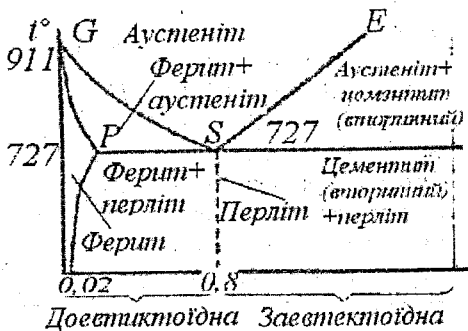
9. В результаті первинної кристалізації в усіх сплавах із вмістом вуглецю до 2,14% утворюється однофазна структура – аустеніт (*austenite*). Сплави заліза з вуглецем, в яких у результаті первинної кристалізації в рівноважних умовах одержується аустенітна (однофазна) структура, називають сталлю.



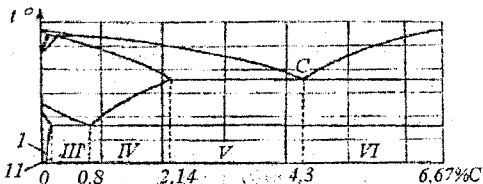
10. В затверділих сплавах при зниженні температури спостерігається подальша зміна їх структури, пов'язані з перекристалізацією в твердому стані. Із зниженням температури залізо переходить із одної модифікації в другу (з ГЦК в ОЦК). При охолодженні сплавів що складаються з одного аустеніту нижче лінії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



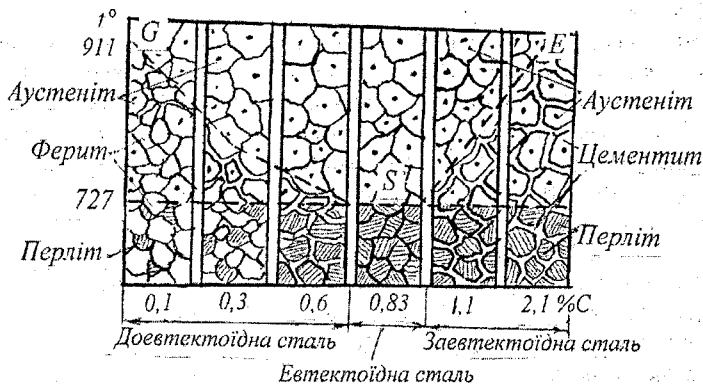
11. Крім того при зниженні температури з аустеніту виділяються ферит і вторинний цементит. В точці S з вмістом вуглецю 0,8 %, при 727°C аустеніт розпадається, утворюючи рівномірну суміш фериту з цементитом – перліт (*mother-of-peast*). Така сталь називається евтектоїдною. Сталь, в якій вміст вуглецю 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 доевтектоїдні 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. Заевтектоїдні 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 евтектичній точці C, мають структуру одного ледебуриту. Сплави, вмістом вуглецю 4,3 – 6,7 % (область VI) складаються з первинного цементиту і ледебуриту.



13. Зміну структури сталі у процесі вторинної кристалізації для зручності розглядання ліва нижня частина діаграми подана на рисунку, коли розпадається аустеніт на механічну суміш, що складається із фериту і цементиту.



Запитання для самоконтролю

1. Що таке діаграма стану залізо-вуглець?
2. Яку величину відкладають в діаграмі залізо-вуглець по вертикалі і по горизонталі?
3. Назвіть дві системи залізобуглецевих сплавів.
4. Яка гранична концентрація вуглецю в системі залізо-вуглець?
5. Чому дорівнює гранична концентрація карбід заліза в системі Fe – Fe₃C?
6. Що означає на діаграмі залізо-вуглець число 6,67%?
7. Назвіть точки на діаграмі залізо-вуглець через які проходить лінія солідус?
8. Чому спрощують перитектичну (ліву верхню) частину діаграми?
9. Як називають сплав заліза з вуглецем в якому знаходиться від 2,14 до 6,67% вуглецю?
10. Яка концентрація вуглецю в сталі?
11. Як називають рівномірну суміш фериту і цементиту?
12. Що відбувається в затверділих сталях при зниженні температури нижче 727°C?

3.5 Тести модульного блока №3

1. Як називається складна речовина отримана шляхом сплавлення двох чи більше металевих хімічних елементів а) сплав; б) хімічна сполука; в) з'єднання?
2. Як називають твердий розчин, коли в решітку основного компонента входять атоми розчинного компонента: а) розчин проникнення; б) розчин заміщення; в) розчин вилучення?
3. Який твердий розчин утворюється на базі хімічного з'єднання а) розчин проникнення; б) розчин заміщення; в) розчин вилучення?
4. Чи можна отримати сплав металу з неметалом: а) так; б) ні; в) так, але тільки потрібний?
5. Який утворюється сплав з компонентів, що різко відрізняються атомними об'ємами і температурою плавлення: а) хімічна сполука; б) механічна сполука; в) твердий розчин заміщення?
6. 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?
7. Як називають температуру початку первинної кристалізації: а) евтектика; б) ліквідус; в) солідус?
8. Як називають лінію на діаграмах стану сплавів, коли тверднуть останні краплі рідини: а) евтектика; б) ліквідус; в) солідус?
9. Як називається структура, що отримується при кристалізації рідкого розчину при сталій температурі: а) евтектика; б) евтектоїд; в) евтектичний сплав?
10. 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?
11. Як називається графік перетворень залізовуглецевих сплавів в координатах температура – концентрація вуглецю: а) діаграма стану залізо-вуглець; б) графік стану $\text{Fe} - \text{FeO}_2$; в) діаграма $\text{Fe} - \text{FeC}$?
12. Чому концентрація вуглецю в залізовуглецевому сплаві від 0,01 до 6,67% взята за граничну: а) така кількість вуглецю в хімічній сполуці Fe_3C ; б) така кількість заліза в сполуці Fe_3C ; в) така частка вуглецю хімічній сполуці FeC ?
13. Яким точкам діаграми $\text{Fe} - \text{C}$ відповідаю лінія ліквідус: а) ABCD; б) FBJTCF; в) ABJCD?
14. 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?
15. Як називають перетворення, що знаходиться в лівій верхній частині діаграми залізо-вуглець: а) перлітне; б) перитектичне; в) протекторне?

4 ОСНОВИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ (Модульний блок 4)

4.1 Алотропічні перетворення в сталі (Навчальний елемент

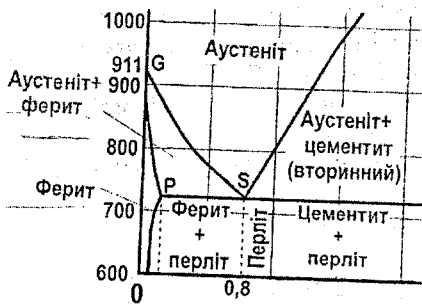
№14)

Цілі

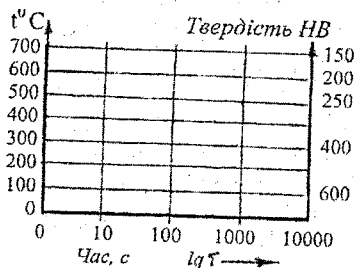
Засвоївши вивчення даного навчального елемента, студент володітиме інформацією щодо:

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

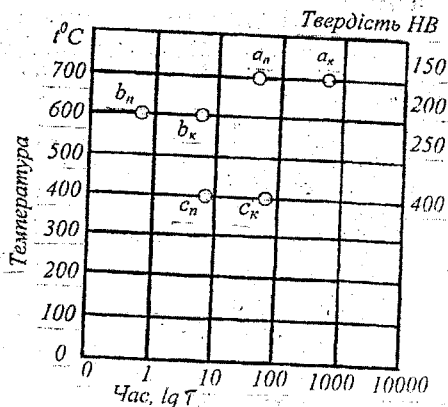
1. Структура залізовуглецевих сплавів залежать від їх хімічного складу і швидкості охолодження нижче лінії GSE. В результаті повільного охолодження доєвтектоїдні сталі отримують структуру фериту і перліту, евтектоїдні – одного перліту і заєвтектоїдні – перліту і вторинного цементиту. Перетворення аустеніту, 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.



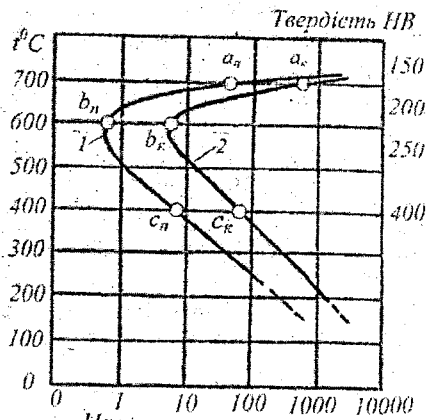
2. Відомо, що ізотермічне перетворення аустеніту починається не одразу, а через деякий час, який називають інкубаційним проміжком. На наведеній діаграмі ізотермічного перетворення аустеніту евтектоїдної сталі (0,8% С) По осі абсцис відкладають час в логарифмічному масштабі; по осі ординат зліва – температура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



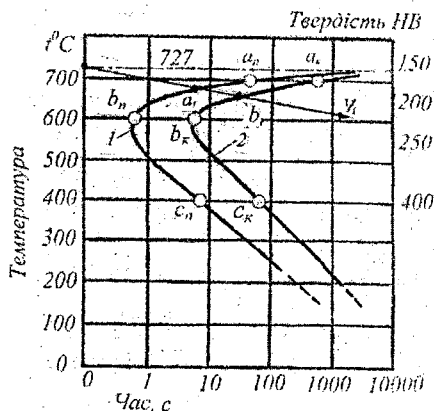
3. При 700°C сталь спочатку деякий час зберігає аустенітну структуру, потім в точці a_n починається розпад аустеніту, який закінчується в точці a_k . При 600°C аустеніт починає розпадатися в точці b_n , кінець перетворення – в точці b_k . При 400°C ці процеси відповідно розвиваються і в точках c_n і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



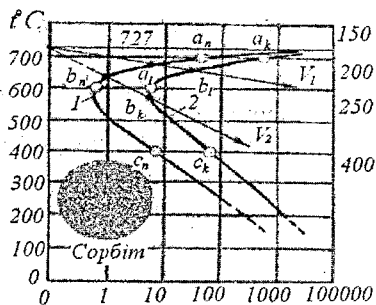
4. З'єднавши всі точки початку і кінця процесу розпаду аустеніту, отримуємо криві 1 і 2 (С-подібні криві). По кривій 1 починається розпад аустеніту, по кривій 2 він закінчується. Область, що лежить лівише кривої 1, відповідає переохолодженню аустеніту (A'), відповідає повному розпаду аустеніту на ферит Φ і цементит Π ; 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.



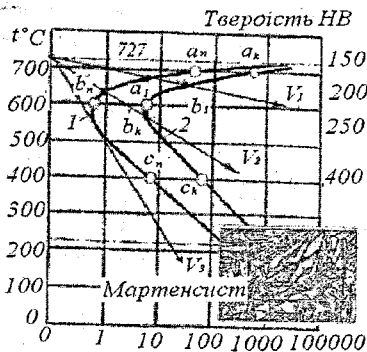
6. Якщо на С-криву нанести криві охолодження, то видно, що крива V_2 , яка відповідає швидкості охолодження, за якої відбувається утворення сорбіту (*sorbit*), перетне С-криву при 650°C .



7. При швидкому охолодженні аустеніту до зони температур мінімальної стійкості аустеніту ($500\text{--}600^\circ\text{C}$) отримують структуру трооститу, який являє собою високодисперсну феритоцементитну суміш. При переохолодженні аустеніту (до $550\text{--}240^\circ\text{C}$) він розпадається на феритоцементитну 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 феритоцементитної суміші: чим він більший, тим вища 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.



Запитання для самоконтролю

1. Від чого залежить структура залізобуглецевих 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)

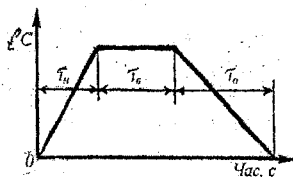
Цілі

Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме інформацією щодо:

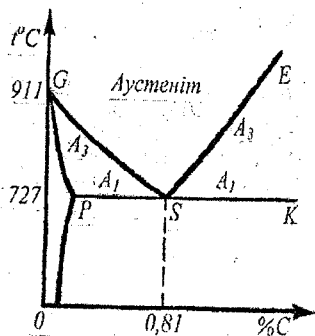
- визначення термічної обробки сплавів;
- основних видів термообробки сталі;
- вимог стосовно визначення температури нагрівання сталі і швидкості охолодження того чи іншого виду термообробки.

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.

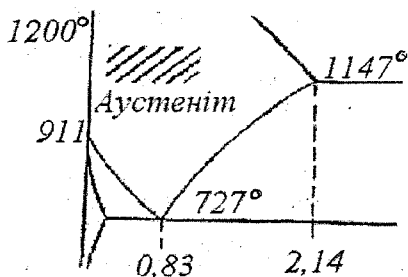


3. Основою для вивчення термічної обробки сталей є діаграма залізо-вуглець, але, оскільки ми розглядаємо процеси термообробки сталі, то нас більше цікавлять сплави з концентрацією вуглецю до 2,14%, і, відповідно, будемо користуватись частиною діаграми залізо-вуглець до вмісту вуглецю 2,14%, яку часто називають "сталним кутом". Критичні точки позначаються буквою А. Нижня критична точка, яка позначається A_1 , лежить на лінії PSK і відповідає аустеніт $\leftrightarrow$ перлітному перетворенню. Верхня критична точка A_3 лежить на лінії GSE і відповідає кінцю розчинення фериту (цементиту). Щоб відрізнити критичну точку при нагріванні і охолодженні в першому випадку біля букви А ставлять букву с (Ac_1 , Ac_3) і букву г в другому (Ar_1 , Ar_3).

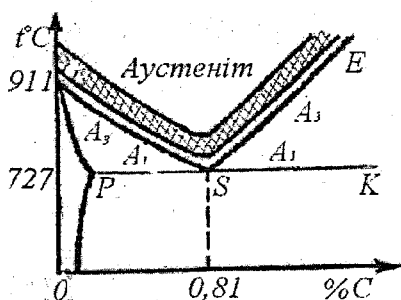


4. **Відпалювання (annealing)** – це фазова перекристалізація, суть якої в нагріві вище A_{c1} з наступним повільним охолодженням. У випадку нагріву вище A_{c1} , але нижче A_{c3} , повна перекристалізація пройти не може, така термообробка називається неповним відпалюванням. При відпалюванні стан сталі 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:

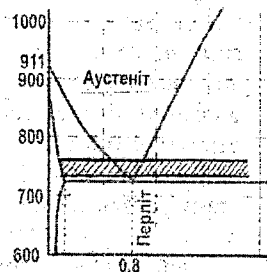
- дифузійне (гомогенізаційне) відпалювання використовують для зливок з метою вирівнювання хімічного складу сталі. Нагрівають зливки до $1000 - 1100^{\circ}\text{C}$, витримують 10 – 15 год. і охолоджують разом з піччю. Сталь яка пройшла гомогенізацію, має більш високі механічні властивості, особливо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



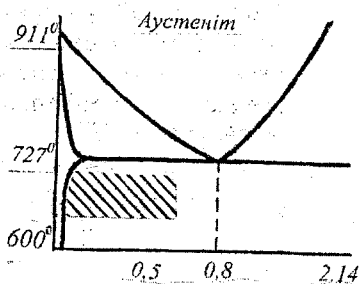
- повне відпалювання супроводжується фазовою перекристалізацією. В результаті крупнозерниста сталь стає дрібнозернистою, м'якою і в'язкою. Повне відпалювання використовують для доевтектоїдних сталей, нагріваючи їх до температур вище лінії GSE на $20 - 30^{\circ}\text{C}$. Витримують $\frac{1}{4}$ часу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



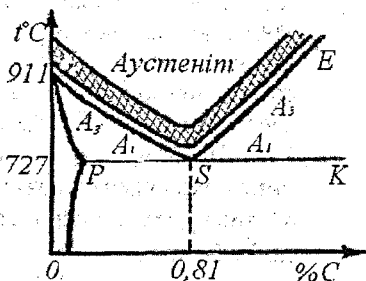
- неповне відпалювання до температури 750–760°C є єдиною різновидністю відпалювання для заєвтектоїдних інструментальних сталей. Знімає внутрішні напруги в деталях та інструментах і покращує оброблюваність різанням. Суть неповного відпалювання – в нагріві вище лінії A_{c1} і повільному охолодженні. Неповне 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;



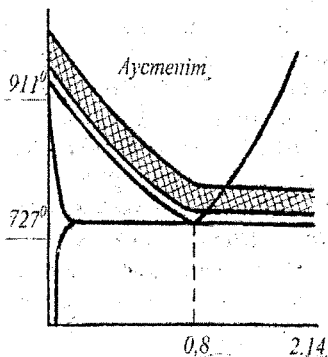
- рекристалізаційне відпалювання використовують після холодної пластичної деформації (прокатки, волочіння, холодного штампування). Після такого відпалювання витягнуті в результаті деформації зерна становляться рівноважними, знімається наклеп, знижується міцність і твердість, збільшується пластичність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



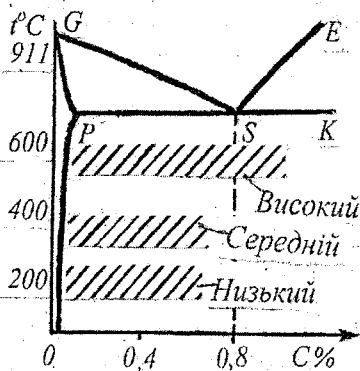
- Нормалізацією (*normalization*) називають нагрів сталі до температури вище A_{c3} на 50–60°C і витримку в печі 2–3 години з наступним охолодженням на повітрі. Використовують для зниження внутрішніх напруг і натягу. Сталь після нормалізації отримує нормальну, однорідну, дрібнозернисту структуру. Призначення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



5. Гартування (*toughening*) - нагрів вище на 30-50°C лінії GSK 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.

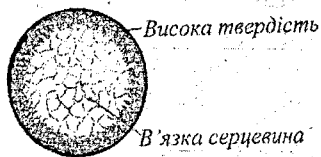


6. Відпуск (*furlough*) - кінцева операція термообробки. Сталь нагрівають нижче лінії PSK, витримують при цій температурі і охолоджують (швидко або повільно). Мета відпуску - усунення або зменшення напруг в сталі, підвищення в'язкості. Правильним виконанням відпуску визначаються кінцеві якості готової загартованої деталі. Температура відпуску коливається в межах - 150-700 °C. Розрізняють високий, середній і низький відпуск. Низький: 150-250°C, середній: 300-500°C для пружин, ресор, столярного і слюсарного інструмента. Високий: 500-650°C для деталей з конструкційних сталей.

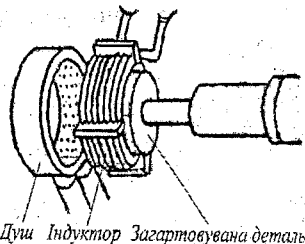


7. Одним із різновидів відпуску є старіння - процес зміни властивостей сплавів без суттєвої зміни мікроструктури. Відомо два види старіння: термічне і деформаційне. Старіння часто використовується для сплавів кольорових металів, особливо для сплавів на основі алюмінію (дураломініїв).

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



9. Окремо від традиційних способів гартування в печах знаходиться 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.



Запитання для самоконтролю

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)

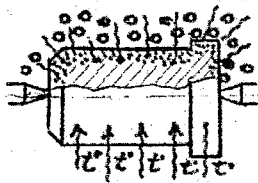
Цілі

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 сталі (ХТО)

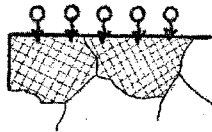
(*chemist-thermal processing*) - це процес в якому поєднано термічний і хімічний вплив на зміну складу, структури і властивостей поверхневого шару сталі. Основана на дифузії в атомно-кристалічну решітку сталі атомів різних хімічних елементів при нагріванні в середовищі, що багате цими елементами. При 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 ;



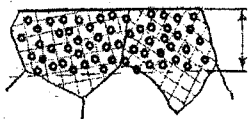
- адсорбція (*adsorption*) атомів (іонів) на поверхню металу з утворенням хімічних зв'язків між іонами основного металу і елемента насичення. З підвищенням температури адсорбційна здатність металу зростає;



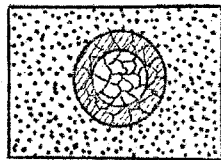
- дифузія (*diffusion*) – переміщення адсорбованих поверхнею атомів дифузанта в глибину тіла. У результаті утворюється дифузійний шар, що відрізняється від основного металу хімічним складом, структурою та властивостями.



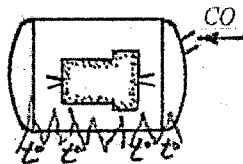
2. В результаті цих процесів утворюється дифузійний шар, який за своїми фізико-хімічними показниками відрізняється від основного металу. Основними і найбільш поширеними способами ХТО є:



3. Цементация (*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. За 8 годин глибина насичення при газовій цементації досягає 2 мм, а при твердій – менше 1,5 мм.

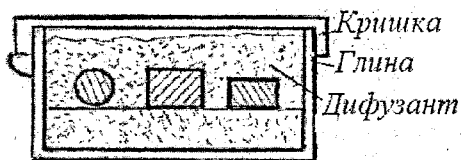


5. Азотування – дифузне насичення азотом поверхневого шару сталевих деталей. Мета азотування – істотно підвищити твердість, зносотривкість, корозійну тривкість. Деталі азотують в атмосфері аміаку, який подається з балонів у герметичні реторти, де укладені деталі. Азотований шар, сформований під час насичення, 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 ціаністих 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°C, 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 сталевих виробів.

Запитання для самоконтролю

1. Дайте означення 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 дифузної металізації?
8. Що таке борування і яке його призначення?
9. Яке призначення воронування?
10. Що таке воронування?

4.4 Тести модульного блока №4

1. З якою швидкістю потрібно охолодити сталь щоб отримати мартенівську структуру: а) швидко; б) повільно; в) спочатку повільно, а потім швидко?
2. Як будується С-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?
3. Яку структуру отримують при повільному охолодженні аустеніту: а) перліт; б) сорбіт; в) мартенсит?
4. Чим визначається вид термообробки сталі: а) характером змін температури; б) типом фазових перетворень; в) витримкою при певній температурі?
5. 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?
6. Який процес можна описати графіком зміни температури в часі: а) плавлення; б) термообробки; в) термохімічної обробки?
7. Як називають відпалювання, коли сталеві виливки нагрівають до температури 1000 – 1100°C, витримують 10 – 15 год. і охолоджують разом з піччю: а) дифузійне; б) повне; в) рекристалізаційне?
8. 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?
9. Як називають кінцеву операцію термообробки, коли сталь нагрівають нижче температур фазових перетворень, витримують при цій температурі і охолоджують: а) гартування; б) відпуск; в) відпалювання?
10. Як називають вид термообробки в результаті якої отримують тверду зовнішню поверхню і в'язку серцевину: а) зовнішнє гартування; б) поверхнєве гартування; в) серцевинне відпалювання?
11. Як називається гартування сталі струмами високої частоти: а) зовнішнє гартування; б) поверхнєве гартування; в) серцевинне відпалювання?
12. Як називають вид обробки при якому поєднано термічний і хімічний вплив на зміну складу, структуру і властивості поверхневого шару сталі: а) термічна; б) термомеханічна; в) термохімічна?
13. Як називається процес дифузного насичення поверхневого шару сталі атомами різних хімічних елементів при нагріванні: а) термічна обробка; б) поверхнева обробка; в) термохімічна обробка?

5.1 Вуглецеві сталі (Навчальний елемент №17)

Цілі

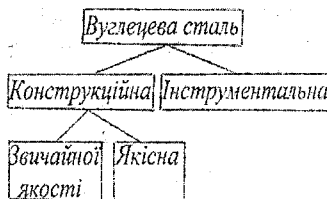
Засвоївши даний розділ, Ви володітиме технічною інформацією щодо:

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

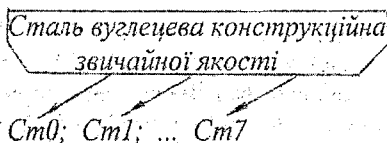
1. Залежно від хімічного складу сталі поділяють на вуглецеві і леговані. Вуглецеві сталі містять в своєму складі залізо та вуглець, а також невелику кількість домішок кремнію, марганцю, сірки та фосфору.



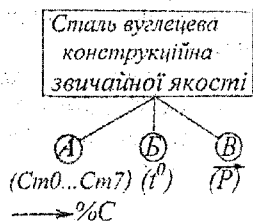
2. Вуглецеві сталі за своїм призначенням поділяють на конструкційні та інструментальні. Конструкційні, в свою чергу, розділяють на будівельні і машинобудівельні. Конструкційні сталі бувають звичайної якості та якісні.



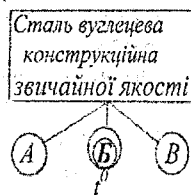
3. Сталі звичайної якості. Ці сталі найдешевші, їх виплавляють конверторним або мартенівським способом і застосовують для виготовлення сортового прокату, балок, листового прокату, труб тощо. Конструкційні сталі звичайної якості використовують для невідповідальних деталей. Якщо із цієї сталі виготовляють 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.



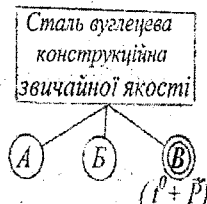
4. В залежності від призначення і гарантуючих характеристик сталі звичайної якості розділяють на три групи А, Б, В, які враховують умови поставки. Сталь групи А – поставляють споживачам за механічними властивостями (міцністю, твердістю, відносним подовженням ...) Сталь цієї групи виготовляють таких марок: 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. Сталі групи Б поставляються 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.

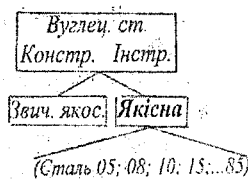


6. Сталь групи В поставляються з нормованими механічними властивостями і хімічним складом. Сталь цієї групи виготовляють таких марок: ВСт2, ВСт3, ВСт4 і ВСт5. Для виготовлення виробів зварюванням рекомендується використовувати сталі групи В, оскільки необхідно знати склад сталі і механічні властивості.

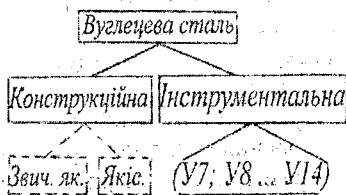


7. Як уже відмічалось, в залежності від ступеня розкислення сталь може бути киплячою (кп), спокійною (сп), яка розкислюється марганцем і кремнієм (Mn+Si) і напівспокійною (пс), яка розкислюється марганцем (Mn). Спокійна сталь має більш високі показники опору динамічного навантаження і ударну в'язкість.
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 конструкцій електрозварюванням, повинні містити не більше 0,35% С.

9. Якісні сталі виплавляють мартенівським способом у кисневих конверторах і електропечах, їх 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 ціаніруванням: 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 наступним відпуском.
13. Вуглецеві інструментальні сталі виплавляють в мартенівських або електричних печах і 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?

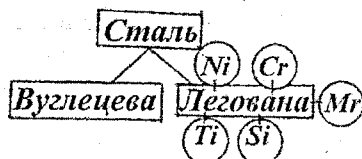
5.2 Леговані сталі (Навчальний елемент №18)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- визначення - 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) добавок, які надають сталі особливих властивостей. До таких добавок 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 складнолегованою (наприклад, хромонікелевою, хромонікелеваною).

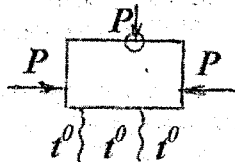
3. Метою легування сталі є підвищення її міцності в незагартованому і загартованому стані, при підвищених і високих температурах; підвищення опору зносу; підвищення стійкості проти корозії; створення особливих фізичних властивостей – магнітних, теплових і ін. Зазвичай застосування легованих сталей без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



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

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 ржавління. При вмісті хрому в сталі більше 13% вона стає корозійностійкою. Нікель - підвищує міцність і пластичність, корозійну стійкість. Вольфрам - підвищує твердість і червоність.



Кобальт—підвищує жароміцність, магнітопроникність. Марганець - при вмісті більше 1% підвищує твердість, зносостійкість, стійкість ударним навантаженням. Молібден - підвищує червоність, 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 буквени 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% Мо.

35ХНЗМ

35 = 0,35% С

Х = до 1% Cr

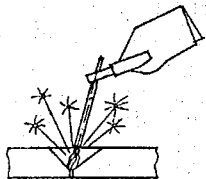
НЗ = 3% Ni

М = 1% Мо

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 легової 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 .

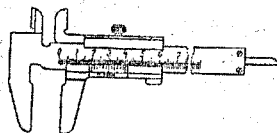
10. Для зварних металевих конструкцій отримали низьколеговані будівельні сталі марок 16ГС, 10Г2СД, 09Г2, 14Г2 та ін. Для армування залізобетонних конструкцій використовують низьколеговану сталь марок 18Г2С, 20Х2С.



11. Швидкорізальна сталь застосовується для виготовлення різального інструмента. Завдяки червоностійкості, ($550\ldots 650^{\circ}\text{C}$) 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 12ХР3А?
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)

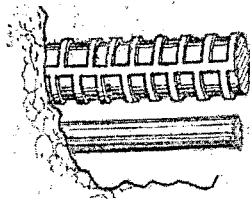
Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен вміти:

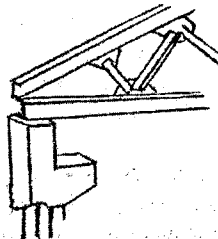
- визначати властивості, за якими розділяють спеціальні сталі;
- вибирати сталі в залежності від призначення;
- визначати марки спеціальних сталей за їх умовним позначенням цифрами та літерами.

1. Виплаваються 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.

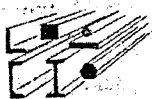
2. Будівельні сталі – це вуглецеві, а також низьколеговані сталі (Ст. 1, Ст. 3кп, 14Г, 18Г2, 16ГС, 14ХГС) – анкерні болти, кутник, листи. Будівельні сталі добре зварюються, не утворюючи при цьому холодних та гарячих тріщин, а властивості зварного з'єднання близькі до властивостей основного металу. Для 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-VІ, (сталі класів А-ІV...VІ використовують для армування попередньо напруженого залізобетону).



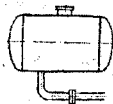
3. Сталь, яку використовують для будівельних конструкцій, поділяють на умовні класи незалежно від її хімічного складу і марки, враховуючи тільки її механічні властивості при розтягуванні. Наприклад, сталь з межею текучості 245 МПа позначають С 245, сталь з межею 375 МПа позначають С 375, а сталь – 590 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, кутники і інші). 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.



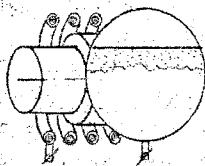
6. Деталі апаратів, що потребують підвищеної міцності, або необхідної та достатньої корозійної стійкості, ті, на які діють високі температури, деталі обладнання для харчової і хімічної промисловості, там, де це необхідно, виготовляють з нікелевих, хромонікелевих або більш високолегованих сталей з відповідними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

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 вищий. Марки: 45, 55, 60, 45X, 50X.

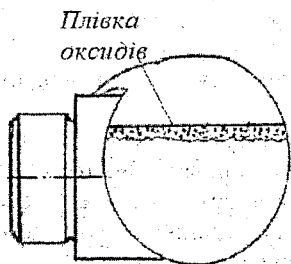


10. Сталі, що азотуються. Через особливості взаємодії з азотом, що дифундує при азотуванні, використовують сталі леговані хромом і алюмінієм. Вони мають 0,35–0,5 % вуглецю. Мають високу зносостійкість і твердість (HRC – 69–71). Найкращими сталями для азотування є 38XM10A, 30XT2M, 40XHMA, з яких виготовляють 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. 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. Х5, Х17, 4Х9С2, 3Х13Н7С2 – теплообмінники, труби піролізних установок; 15ХМ, 25Х2МФ – труби пароперегрівачів, арматура парових котлів; 2Х13, 2Х12ВМБФ – лопатки парових турбін. Жароміцні сплави для роботи при високих температурах (до 700-900°C) створюють на основі заліза, нікелю і кобальту, а для роботи при дуже високих (до 1200-1500°C) – на основі молибдену та інших тугоплавких металів.

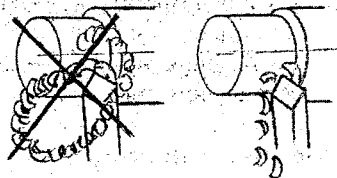
15. Котлотурбінні сталі для виробництва деталей котлотурбінних агрегатів, пароперегрівників тощо використовують не лише спецсталі, а й звичайні вуглецеві сталі (будівельні, машинобудівні і т.д.) Котли низького і середнього тиску (до 6 МПа) з температурою нагрівання не вище 450°C повністю виготовляють з низьковуглецевої сталі (Ст2, Ст3, Сталь 20). Для труб пароперегрівників, паропроводів, що працюють при більш високих температурах (540-560°C) використовують низьковуглецеві леговані сталі перлітного класу. Як легуючий елемент, що значно підвищує опір повзучості сталей перлітного класу, використовують молибден. Разом із молибденом 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 (перші дві) до мінус 296°C. 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 сталі призначені для обробки на станках-автоматах і мають підвищений вміст сірки і марганцю. В такі сталі добавляють 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 цифрами 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°C) 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.

Запитання для самоконтролю

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 криогенні сталі?
7. Назвіть декілька марок пружинної сталі.

5.4 Чавуни (Навчальний елемент №20)

Цілі

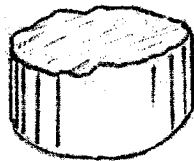
Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме технічною інформацією щодо:

- 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.

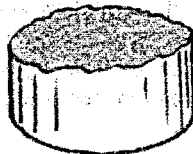
1. Чавунами називають залізовуглецеві сплави, вміст вуглецю в яких знаходиться в межах 2,14% - 6,67%. Чавуни найбільш широко використовують для литих деталей, що експлуатуються при зменшених динамічних навантаженнях. Перевага чавуну – підвищені ливарні властивості і менша вартість. Температура для лиття 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 із залізом Fe_3C – цементиту, так і у вільному стані у формі графіту, а також у вигляді цементиту і графіту одночасно.

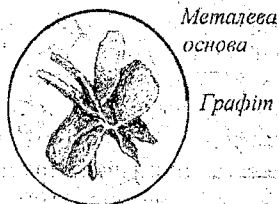
3. При порівняно швидкому охолодженні рідкого чавуну, при переході його в твердий стан вуглець виділяється в формі цементиту. Якщо в чавуні увесь вуглець знаходиться у вигляді цементиту, то його називають білим чавуном (*white cast-iron*). Колір злому такого чавуну білий, блискучий. Білий чавун в більшості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



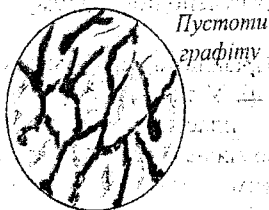
4. При повільному охолодженні рідкого чавуну вуглець виділяється із розплаву в вигляді графіту, який розміщується всередині металевої маси в формі окремих включень. Графіт надає чавуну сірий колір в зломі. В зв'язку з чим чавуни, в яких спостерігаються вкраплення вільного графіту, називають сірим чавуном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



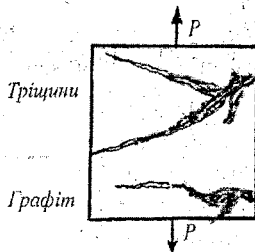
5. Оскільки структура чавуну складається із металевої основи і графіту, то і властивості чавуну будуть залежати як від властивостей металевої основи, так і від кількості і характеру графітних включень. Графіт порівняно з металевою основою має значно нижчі механічні властивості, і тому графітні включення 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 має чавун. Найнижчі механічні властивості має чавун, у якому графітні включення утворюють замкнутий скелет.



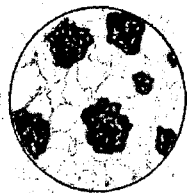
7. Графітні пластинки порушують зв'язність металевої матриці в чавуні. Вони послабляють поперечний переріз деталі або зразка при розтягуючому навантаженні, у зв'язку з чим чавун здатний витримувати тільки стискаючі, але не розтягуючі напруження. Крім того, пластичні виділення графіту є ніби внутрішніми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



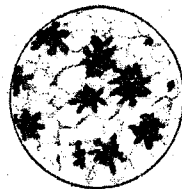
8. В силу цих несприятливих обставин чавун, не дивлячись на велику кількість вуглецю, здатний витримувати менші розтяжні навантаження, ніж сталь. Під стискальним навантаженням чавун веде себе краще, оскільки графітні пластинки в поперечному перерізі зразка або деталі приймають на себе відповідну частину 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 перерізу, ніж пластинчатого. Крім того, небезпека концентрації напруження на такому графіті значно зменшується. Тому такий чавун, у якому графіт має кулеподібну форму, називається високоміцним.

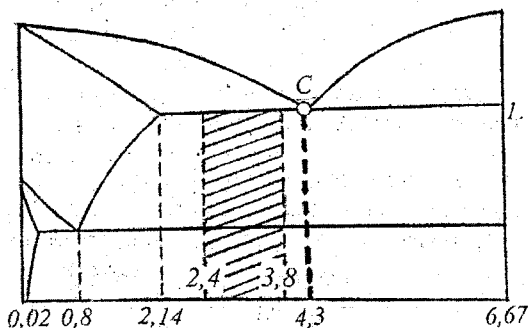


10. Розрізняють також ковкий чавун (*malleable cast iron*). У такому чавуні форма графітних включень має пластинчасту форму. Ковкий чавун займає проміжне значення за міцністю між звичайним сірим чавуном, у якому графітні включення знаходяться у вигляді пластинок, і високоміцним чавуном, у якому графітні 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 широке застосування знайшли доєвтектичні чавуни, що містять 2,4...3,8 % вуглецю. 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 марганця чавун становиться 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 не-допустимий.
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.

Запитання для самоконтролю

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?

5.5 Тести модульного блока №5

1. Яка з наведених сталей є інструментальною: а) БСт5; б) Сталь 20; в) У10?
2. Яку з наведених сталей поставляють за механічними властивостями: а) БСт5; б) Ст6; в) ВСт4?
3. Яка з наведених сталей – сталь вуглецева конструкційна звичайної якості: а) ВСт5; б) Сталь 30; в) У14?
4. Який вміст вуглецю в сталі марки У12: а) 12%; б) 1,2%; в) 0,12%?
5. Скільки вуглецю містить сталь 08: а) 8%; б) 0,8 %; в) 0,08?
6. Як позначають інструментальну сталь, в якій вміст вуглецю 1%: а) У10; б) Сталь 10; в) У1,0?
7. Яка з позначених сталей є сталь вуглецева конструкційна звичайної якості: а) У10; б) Ст4; в) Сталь 35?
8. Що означає в кінці марки сталі „пс” (Ст3пс): а) кипляча сталь; б) спокійна сталь; в) наполовину спокійна?
9. Як позначається легована сталь, яка вміщує 0,25% вуглецю, 2% марганцю (Г), 1% кремнію (С) : а) 25Г2С; б) 25С2Г1; в) 2,5С2Г?
10. Скільки вміщується хрому(Х) у сталі 20Х2С: а) 2%; б) 0,2%; в) 20%?
11. Що означає літера позначення будівельної сталі С245: а) сталь; б) будівельна сталь; в) сталь з великим вмістом кремнію?
12. Що означають цифри позначення будівельної сталі С245: а) вміст вуглецю; б) вміст кремнію; в) міцність?
13. Як називають каталог прокатних профілів: а) сортамент; б) таблиця; в) перерізи?
14. В яких одиницях вміст легуючих елементів вказує цифра марки сталі: а) в відсотках; б) в десятих відсотка; в) в сотих відсотка?
15. Яке призначення автоматної сталі: а) для виготовлення автоматів; б) для виготовлення деталей на станках-автоматах; в) для добавок в піч-автомат?
16. Які деталі роблять з кріогенної сталі: а) які працюють при високих температурах; б) при низьких температурах; в) які працюють при високих тисках?
17. Яке призначення жаростійких сталей: а) чинити опір окисленню при високих температурах; б) здатність працювати при високих температурах в) піддаватися термообробці?
18. В яких межах знаходиться вуглець в чавуні: а) 0,8% - 1,47%; б) 2,14% - 6,67%; в) 2,14 - 4,0%?
19. Які переваги чавуну порівняно зі сталлю: а) підвищені ливарні властивості; б) більш міцніший; в) легко обробляється тиском?
20. Як називають чавун, в якого графітні включення мають форму куль: а) сірий; б) ковкий; в) високоміцний?

6 КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ. КОРОЗІЯ (Модульний блок 6)

6.1 Кольорові метали та сплави (Навчальний елемент №21)

Цілі

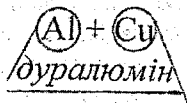
Засвоївши даний навчальний елемент, студент володітиме технічною інформацією щодо:

- 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 (*aluminium*) 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 потребується 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.

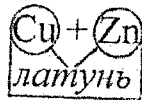


5. Дуралюмінами називають сплави алюмінію з міддю (до 5,2%), марганцем, магнієм і невеликою кількістю заліза. Назву їх можна розшифрувати як “твердий алюміній” (від французького “Dur” - твердий). Маркуються дуралюміни буквою Д. Термообробка дуралюмінів потребує гартування з 500°C у воді з подальшим старінням,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

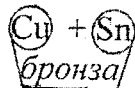


6. Мідь — це в'язкий метал рожево-червоного кольору, який добре проводить електричний струм і тепло, має високу стійкість проти корозії і хорошу оброблюваність. Мідь і сплави міді відрізняються високими: електропровідністю, теплопровідністю, пластичністю, корозійною стійкістю (наприклад, в морській воді 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.



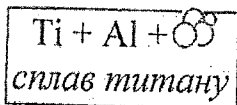
9. З часом розроблені нові сплави на мідній основі, в яких олово замінено другими елементами. Назва залишилася стара, оскільки вони за багатьма властивостями і кольором не дуже відрізняються від мідно-олов'янистих сплавів. В залежності від введеного елемента бронзи називають олов'янистими, алюмінієвими,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



10. Бронзи маркуються таким чином: літери Бр означають бронзу, наступні літери означають легуючий елемент (О — олово, Ц — цинк, Ф — фосфор, С — свинець, Н — нікель), 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 (4500г/м^3) і високою температурою плавлення (1668°C). Завдяки своїй високій питомій міцності, жароміцності й корозійній тривкості 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.

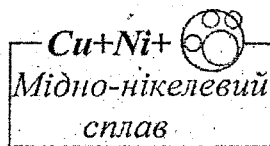
12. Сплави титану завдяки своїм властивостям знайшли широке застосування в авіації, у ракетно-космічній техніці, у транспортному машинобудуванні, в хімічній і харчовій промисловості та в медицині. З цих сплавів виготовляють обшивку фюзеляжів надшвидкісних літаків, панелі ракет, деталі двигунів для літаків 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.



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 2000 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 (монель-метал) 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.
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, оболонки 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).



Запитання для самоконтролю

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 дуралюмінію?
8. В чому різниця між силуміном і дуралюміном?
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?

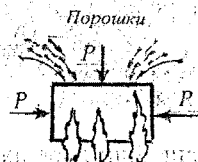
6.2 Металокерамічні сплави (Навчальний елемент №22)

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 (*metals-cerement*) 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.

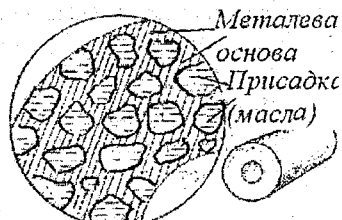
3. Твердими сплавами називають виготовлені з порошків карбідів вольфраму (WC), титану (TiC), чи танталу (TaC) на кобальтовій зв'язці. Ці сплави відрізняються високою твердістю аж до температури 900°C. Серед інструментальних матеріалів, інструменти, оснащені твердосплавними пластинами, знімають близько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



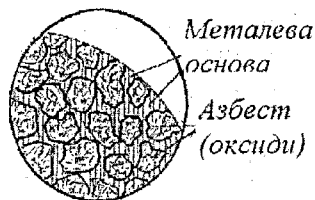
4. Марки твердих вольфрамокобальтових сплавів позначають літерами ВК, а цифра, яка після букв, показує вміст кобальту в %, так, наприклад, сплав ВК8 містить 92% карбідів вольфраму і 8% кобальту. Титановольфрамкові тверді сплави позначаються так: Т15К6, Т14К8 і Т5К12. Приблизний склад сплаву Т14К8: 78%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

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

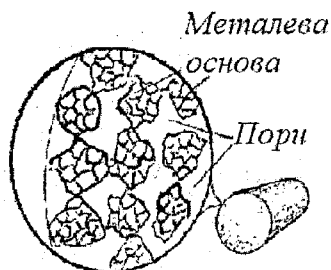
6. Антифрикційні порошкові матеріали складаються з металевої основи, в порах якої перебувають рідкі мастила і спеціальні присадки (графіт, сульфід, фторопласт), що відіграють роль твердого мастила. Ці матеріали відзначаються високою пористістю, низьким коефіцієнтом тертя, значною зносостійкістю.



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, теплоздовгові, стійкі до корозії, міцні та пластичні, їх використовують для очищення рідин і газів від твердих частинок. Фільтри виготовляють з порошку бронзи, латуні, алюмінію, нікелю, срібру.



Запитання для самоконтролю

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 дуралюмінію?
8. В чому різниця між силуміном і дуралюміном?
9. В чому переваги і недоліки магнієвих сплавів?

6.3 Корозія металів (Навчальний елемент №23)

Цілі

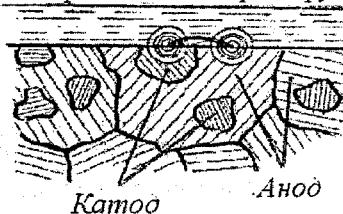
Засвоївши даний навчальний елемент, Ви володітиме технічною інформацією щодо:

- 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.
2. Корозію залежно від механізму процесу поділяють на хімічну і електро-хімічну. Хімічна корозія – це коли руйнування металу не супроводжується виникненням електричного струму. Хімічна корозія виникає в результаті дії на поверхню металів і сплавів атмосфери повітря.
3. 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 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.).

4. 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 мікропари, замкнуті на коротко через сам метал, при цьому метал, який легше віддає електрони, слугує анодом і руйнується в процесі роботи гальванічного елемента.

Електроліт Електрострум



5. 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 під поверхнею, яка викликає розшарування і здутість метала.



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.

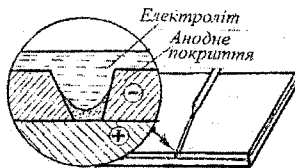
7. Захист від корозії неметалевими плівками, які одержуються кип'ятінням деталей у водному розчині, що містять сильний розкислювач, наприклад, їдкий натрій, селітру і перекис марганцю. При цьому на металі одержується плівка, що складається в основному із магнітного окислу заліза. У результаті оксидування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

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

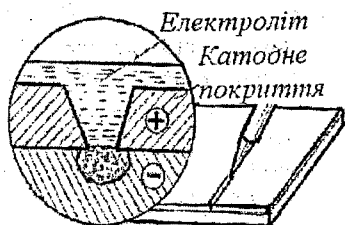
- покриття шляхом занурення деталі в розплавлений метал, що має невисоку температуру плавлення (цинк, олово, свинець, алюміній);
- покриття одержується за рахунок дифузії металу із зовнішнього середовища в поверхню деталі, насичення поверхневого шару деталі металом і хімічної взаємодії з ним, з утворенням стійких проти корозії сполук (див. розділ 4.3 „Хіміко-термічна обробка”);
- гальванічні покриття ґрунтуються 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 покриттів напиленням іншого металу з метою захисту від агресивного середовища називають металізацією. Існує два типи металевих покриттів – анодне і катодне:

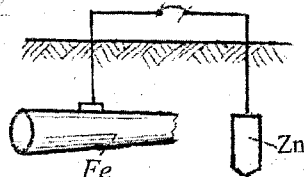
- для анодного покриття використовують метали, які мають більш від'ємний електродний потенціал, ніж основний метал. В процесі корозії анодні покриття розчиняються і захищають метал від руйнування. Ці покриття не бояться зовнішніх пошкоджень покриття, оскільки при цьому руйнуються самі покриття. Анодним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



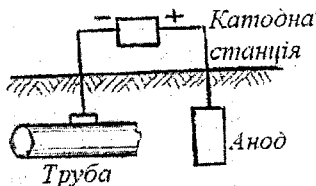
- для катодного покриття використовують метал, що має менший від'ємний електродний потенціал, ніж основний метал. При порушенні цілісності катодного покриття його захисна дія зупиняється, оскільки основний метал легше руйнується від дії електроліту. Найбільше застосування одержало олов'яне лудіння в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



- 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.
- 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, добавка у рідину охолоджувальної системи двигуна внутрішнього згорання невеликої кількості хромпіку практично усуває корозію.
- 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.



- Катодний захист зовнішнім струмом магістральних 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?

1. Що таке латунь: а) сплав міді з оловом; б) сплав міді з цинком; в) сплав міді з кремнієм?
2. Яке місце за обсягами світового виробництва займає алюміній: а) перше; б) друге; в) третє?
3. Як називається сплав алюмінію з кремнієм: а) дуралюмін; б) латунь в) силумін?
4. Як називається сплав алюмінію з міддю: а) дуралюмін; б) латунь в) силумін?
5. Як називається сплав міді з оловом: а) дуралюмін; б) латунь; в) бронза?
6. Як називається сплав міді з цинком: а) бронза; б) латунь; в) силумін?
7. 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?
8. Як називається в'язкий метал рожево-червоного кольору, який добре проводить електричний струм і тепло: а) алюміній; б) мідь; в) олово?
9. Який метал має високу питому міцність: а) алюміній; б) мідь; в) титан?
10. Сплави якого металу знайшли широке застосування в авіації, у ракетно-космічній техніці, в медицині: а) алюміній; б) магній; в) титан?
11. Що таке мельхіор: а) сплав міді з нікелем; б) сплав нікелю з хромом; в) інша назва титану?
12. Як називають сплави, що формують з порошків металів, а потім спікають: а) кермети; б) металокерамічні сплави; в) кераміка?
13. Як називають порошкові сплави металів і неметалів: а) металокераміка; б) кермети; в) кераміка?
14. Як позначають твердий вольфрамокобальтовий сплав, який містить 92% карбідів вольфраму і 8% кобальту: а) В92К8; б) ВК8; в) ВК92?
15. Як називають руйнування металу під дією зовнішнього середовища: а) інгібітори; б) корозія; в) дренаж?
16. Як називається захист трубопроводів які знаходяться в землі приєднується метал, що має більш низький потенціал, ніж потенціал труби: а) катодний; б) анодний; в) протекторний?
17. Що таке металокерамічний сплав: а) сплав виготовлений з порошків металів; б) сплави отримані з металів і неметалів; в) сплави виготовлені з порошків міді?
18. Як називають порошкові сплави, в порах яких перебувають рідкі мастила: а) фрикційні; б) антифрикційні; в) фільтрувальні?
19. Що не є бронзою: а) сплав міді з оловом; б) сплав міді з цинком; в) сплав міді з другими елементами?

АВТОМАТНА СТАЛЬ (submachine gunsteel) – сталь з підвищеною кількістю фосфору і сірки для полегшення оброблення на верстатах-автоматах

АДСОРБЦІЯ (adsorption) – процес поглинання поверхнею металу активних атомів насичувального елемента, протікає на границі розділу середовище – поверхня металу

АЛЮМІНІЙ (aluminum) – сріблясто-білий метал, покритий за звичайних умов окисною плівкою

АНОДНЕ ПОКРИТТЯ (anode coverage) – покриття металами, які мають більш від'ємний електродний потенціал, ніж основний метал

АУСТЕНИТ (austenite) – твердий розчин проникнення вуглецю в залізо графепентрованої кубічної решітки з максимальною розчинністю 2,14 %

БІЛИЙ ЧАВУН (white cast-iron) – назва переробного чавуну, отримана через білий відтінок зламу

БРОНЗА (bronze) – сплав міді з усіма елементами, крім цинку, який може бути наявним у невеликих кількостях як легуючий елемент

ВАКАНСІЇ (vacancies) – це вузли кристалічної ґратки, в яких атоми відсутні

ВІДПАЛЮВАННЯ (annealing) – термообробка, під час якої сталь нагрівають вище температури GSK на 30...50°C, витримують при цій температурі і повільно охолоджують

ВІДПУСК (furlough) – це нагрівання загартованої сталі до температур, нижчих A_1 , витримування її за цієї температури та поступове охолодження до кімнатної температури

ГАРТУВАННЯ (toughening) – вид термообробки, під час якої сталь нагрівають вище температури GSK на 30...50°C, витримують при цій температурі і швидко охолоджують

ГОРН (buge) – нижня частина домни, куди збираються рідкі чавун та шлак

ГРАФІТ (graphite) – модифікація вуглецю, в кристалічній ґратці якого атоми розміщуються шарами

ДОМЕННА ПІЧ (domain stove) – шахтна піч безперервної дії і використовується для виплавляння чавуну

ДОМЕННИЙ ГАЗ (domain gas) – це газ, який отримують при виплавці чавуну в доменних печах і використовують як паливо для котлів, повітрянагрівачів

ДОДАТОК (exhibit) – верхня частина зливка, де знаходиться усадочна раковина

ДЕНДРИТ (dendrite) – деревоподібний кристал

ДІАГРАМА СТАНУ СПЛАВІВ (diagram of the condition alloy) – графічне зображення стану сплаву залежно від концентрації та температури

ДИСОЦІАЦІЯ (dissociation) – розпад молекул насичувального середовища та утворення активних атомів дифундуючого елемента

ДИФУЗІЯ (diffusion) - процес проникнення насичувального елемента вглиб металу

ЕВТЕКТИКА (eutectos) — легкоплавкий сплав, первинна кристалізація якого протікає при сталій температурі

ЕЛЕМЕНТАРНА КРИСТАЛІЧНА КОМРКА (elementary crystalline closet)

— найменша кількість атомів, яка при багаторазовому повторенні у просторі дозволяє побудувати просторову кристалічну ґратку певної системи

ЖАРОСТІЙКІ СТАЛІ (heat resistant permanent) — ті, які при високих температурах здатні протистояти руйнуванню

ЖАРОМІЦНІ СТАЛІ (heatproof permanent) — здатні працювати при високих температурах

ЗАЛІЗО (iron) — сріблясто-білий метал з температурою плавлення 1539°C і густиною $7.87 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

ЗАЛІЗНА РУДА (iron ore) — гірська порода, з якої економічно вигідно вилучати залізо

ЗЛИВОК (bullion) — застигла в чавунній формі сталь

ІНГІБІТОРИ (inhibitors) — речовини, які сповільнюють хімічні процеси окислення, використовують для захисту від корозії

КАТОДНЕ ПОКРИТТЯ (cathodic coverage) — покриття металами, які мають більш додатний електродний потенціал, ніж основний

КЕРМЕТИ (керамічні матеріали) — порошкові сплави, які є з'єднання металів і неметалевих матеріалів

КОРОЗІЯ (corrosion) — руйнування металів під дією навколишнього середовища

КОКС (coke) — паливо доменної печі, яке отримують шляхом сухої перегонки вугілля при температурі до 1000°C

КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ (nonferrous metal) — це всі метали, крім металів на основі заліза

КОНВЕРТОР (converter) — грушоподібна футерована вогнетривкими матеріалами зсередини сталева місткість

КИПЛЯЧА СТАЛЬ (boiling steel) — це сталь не повністю розкислена у печі, а розкислення продовжується у виливниці

КРИСТАЛІЧНА БУДОВА (crystalline construction) — закономірність розміщення атомів у просторі — умовно зображають елементарними комірками у вигляді просторових геометричних фігур з точками центрів

КРАЙОВА ДИСЛОКАЦІЯ (virginal dislocation) локалізоване викривлення кристалічної ґратки внаслідок присутності в ній „зайвої” півплощини

КОВКИЙ ЧАВУН (malleable cast iron) — умовна назва більш пластичного чавуну. Його ніколи не кують. Одержують його шляхом тривалого високо-температурного відпалювання білого чавуну

ЛАТУНЬ (brass) — сплав міді з цинком. Він буває подвійним і багатоконпонентним (коли містить крім міді та цинку інші елементи)

ЛЕДЕБУРИТ (ledeburit) – евтектична механічна суміш аустеніту і цементиту

ЛЕГУВАННЯ (alloying) – добавлення при виплавці спеціальних домішок (легуючі елементи) для покращення властивостей сталі

ЛІКВІДУС (likvidus) – лінія, що об'єднує точки початку кристалізації розчинів

ЛУДІННЯ (tinning) – покриття листової сталі шаром олова

МАРТЕН (marten) – це піч, де висока температура для виплавки сталі утвориться згоранням газу над плавильним простором

МЕТАЛИ (metals) – речовини, які мають кристалічну будову, особливий (металічний) блиск, високу пластичність, електро- та теплопровідність

МЕТАЛОКЕРАМІКА (cerement) – речовини, отримані шляхом спікання при високій температурі порошків металів і карбідів металів

НАПІВСПОКІЙНА СТАЛЬ (semiquiet steel) – сталь, яка займає проміжне положення між киплячою і спокійною сталями

НОРМАЛІЗАЦІЯ (normalization) – нагрівання сталі вище температури кінця рекристалізації на 30...50°C, витримування при цій температурі та охолодження на повітрі

ПЕРЛІТ (mother-of-prast) – механічна суміш фериту і цементиту, яка під мікроскопом схожа на перламутр

РУДА (ore) – гірська порода, з якої економічно вигідно вилучати метал.

СИЛУМІН (silumin) – сплав алюмінію з кремнієм

СОЛІДУС (solidus) – лінія, що об'єднує точки закінчення кристалізації розчинів

СОРБІТ (sorbit) – переохолоджений дисперсний перліт

СОРТАМЕНТ (assortment) – різновидність за розміром та профілем поперечного перерізу виробів.

СІРИЙ ЧАВУН (grey cast-iron) – така назва ливарних чавунів через сірий відтінок зламу

СПОКІЙНА СТАЛЬ (calm steel) – сталь, яка твердіє при повному розкисленні, яка твердіє без виділення газів

СПЛАВ (alloy) – речовина, яку одержують поєднанням (сплавленням, спіканням) двох або більше елементів

СТАЛЬ (steel) – сплав заліза з вуглецем, у якому масова частка вуглецю не перевищує 2,14 %

ПОВЕРХНЕ ГАРТУВАННЯ (superficial temper) – гартування поверхневого шару з метою одержання твердої зносостійкої поверхні й збереження в'язкої серцевини

ТЕРМООБРОБКА (heat treatment) – сукупність операцій нагрівання, витримування і охолодження металевих виробів з метою зміни їх структури та властивостей

ТВЕРДИЙ РОЗЧИН (hard solution) – сплав, у якому в кристалічній ґратці одного з компонентів (розчинника) розміщені атоми іншого компонента – розчиненого

ФАЗА (phase) – це хімічно однорідна частина системи, відокремлена від інших частин поверхнею розділу

ФЕРОСПЛАВИ (ferro-alloy) – спеціальні чавуни зі сплавленим кремнієм і марганцем, які вводять в склад шихти при виробництві сталі

ФЕРИТ (ferrite) – твердий розчин проникнення вуглецю та інших елементів в залізо, яке має будову ОЦК

ФЛЮСИ (gumboils) – матеріал, що утворює легкоплавку речовину з тугоплавких золи палива й пустої породи руд

ХАОТИЧНІ ТІЛА (chaotic bodies) – аморфні тіла в яких розміщення частинок безладне, хаотичне

ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА (ХТО) (chemist-thermal processing) – процес дифузійного насичення з навколишнього середовища при високій температурі поверхневого шару металу деталі різними хімічними елементами в атомарному стані

ЦЕМЕНТАЦІЯ (cementation) – поверхнєве насичення маловуглецевої сталі вуглецем з метою одержання високої твердості та в'язкої серцевини виробів

ЦЕМЕНТИТ (cement) – хімічна сполука заліза з вуглецем, яка відповідає концентрації вуглецю 6,67 %

ЧАВУН (cast iron) – залізовуглецевий сплав, масова частка вуглецю в якому перебуває в межах від 2,14 до 6,67 %

ЧОРНІ МЕТАЛИ (ferrous metals) – це залізо і сплави на його основі

ШАХТА (mine) – частина доменної печі в формі перевернутого зрізаного конуса, де розміщується основна маса шихти

ШИХТА (charge) - це у певних співвідношеннях залізна й марганцева руда, кокс та флюси, що у певному порядку безперервно загрузають в доменну піч

ШЛАК (slags) – побічний продукт, який утворюється в результаті доменного процесу

Література

1. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів / В. В. Атаманюк. – Вінниця: ДОВ „Вінниця”, 2003. – 371 с. – ISBN 966-527-112-1.
2. Атаманюк В. В. Практикум з технології конструкційних матеріалів / В. В. Атаманюк – Вінниця: ДОВ „Вінниця”, 2004. – 167 с. – ISBN 966-527-069 – 9.
3. Власенко А. М. Матеріалознавство для студентів теплоенергетичних спеціальностей : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВДГУ, 2002. – 101 с.
4. Власенко А. М., Робоча професія. Ч. 1. Технологія металів: [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця: ВНТУ, 2003.- 111 с.
5. Власенко А. М. Матеріалознавство: Мет. вказівки до виконання лабораторних робіт. [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 52 с.
6. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: [підручник для студ. вищ. навч. закл.] / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів: Світ, 2006. – 624 с. – ISBN 966-603-452-2.
7. Технологія металов 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.
8. Самохоцький О. І. Металознавство: [підручник] / О. І. Самохоцький, М. Н. Кунявський. - К.: Машинобудівна література. 1955. – 424 с..
9. Пахолок А. П. Основи матеріалознавство і конструкційні матеріали: [підруч. для студ. вищ. навч. зал.] / А. П. Пахолок, О. А. Пахолок. – Львів: Світ, 2005. – 172 с. – ISBN 966 – 603 – 387 – 9.
10. 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 шк., 2006. – 503 с. – ISBN 966-642-310-3.
11. 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.- ISBN 966-622-090-3.
12. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів / [навч. посібник для учнів прф. навч. зал.] /Хільчевський В. В., Кондратюк С. Є., Степаненко В. О., Лопатько К. Г.- К.: Либідь, 2002. – 328 с. ISBN 966-06-0247-2.
13. Геллер Ю. А. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи: [учеб. пособ. для вузов. – 6-е изд., перераб и допол.] - М.: Металлургия; 1989. – 456 с. ISBN 5-220-00228-X.

Навчальне видання

Анатолій Миколайович Власенко

ОСНОВИ МЕТАЛОЗНАВСТВА МОДУЛЬНИЙ КУРС

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено А. Власенком

Підписано до друку 2.07.2010 р.

Формат 29,7х41¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 5.4.

Наклад 100 прим. Зам. № 2010-128

Вінницький національний технічний університет,
науково-методичний відділ ВНТУ.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.

Тел. (0432) 59-87-36.

Свідомство 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) 59-81-59.

Свідомство суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.