

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

## Передмова

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 сформулювати 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-

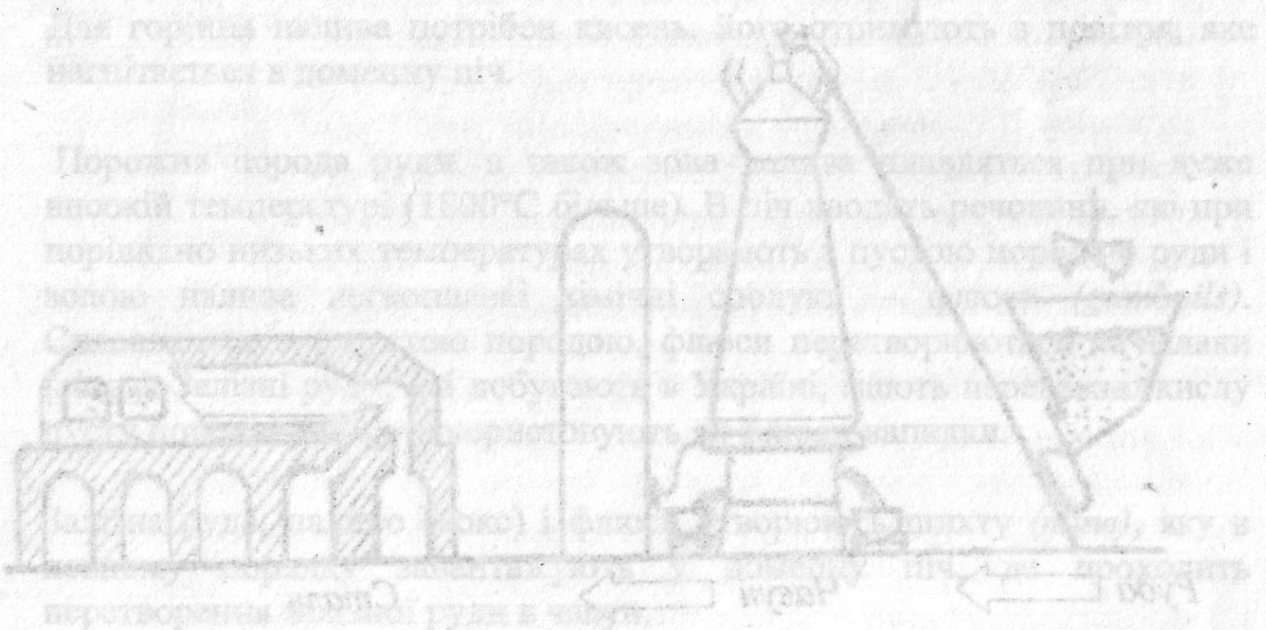
ний крок навчального елемента нумерується і ця нумерація є наскрізною. Тобто, номери кроків не повторюються, не змінюються, а записуються у прямій послідовності від першого до останнього. У випадках, коли крок, так би мовити, подрібнюється, інформація записується після двокрапки з риски, у стовпчик, 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 блок1)

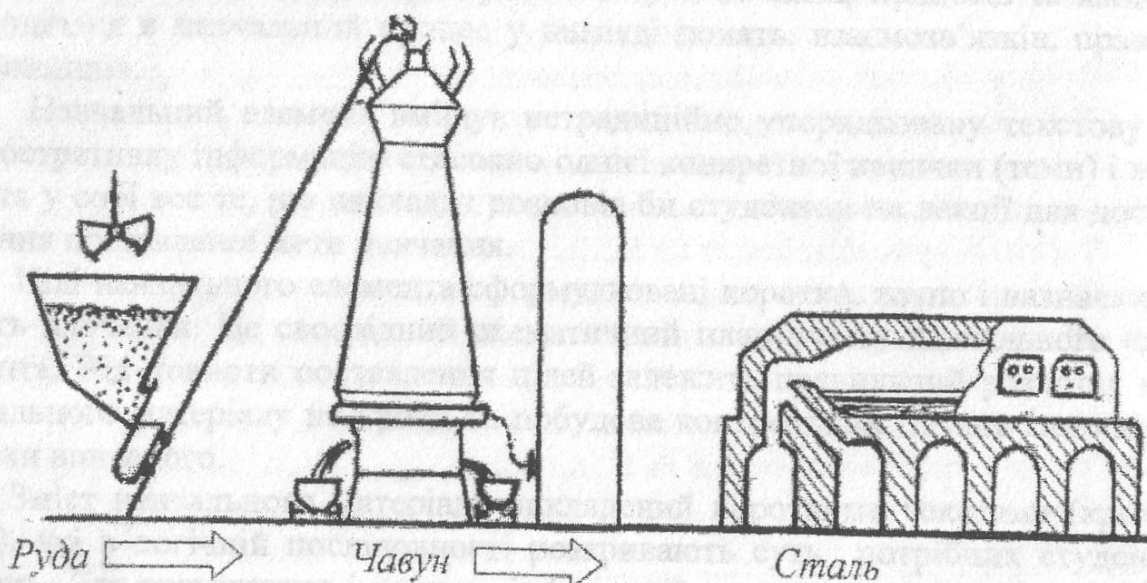
## 1.1 Виплавка чавуну (Навчальний елемент №1)

### 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.

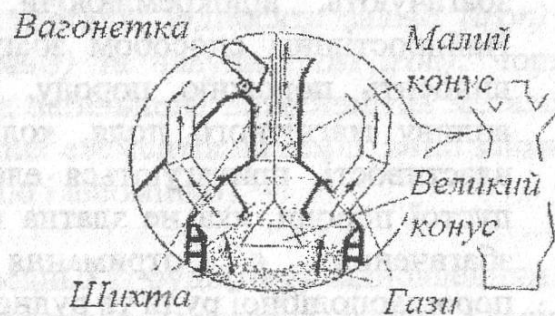


3. Основний матеріал для одержання чавуну – залізна руда, яка є сполукою заліза з киснем ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeCO}_3$ ). Рудою називають гірські породи, які містять у собі метали в такій кількості, яка забезпечує їх економічно-доцільну переробку. До складу залізної 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  $1000^\circ\text{C}$  без доступу повітря. Крім того, частина вуглецю коксу безпосередньо бере участь в реакції відновлення заліза.
6. Для горіння палива потрібен кисень, його отримують з повітря, яке нагнітається в доменну піч.
7. Порожня порода руди, а також зола палива плавляться при дуже високій температурі ( $1800^\circ\text{C}$  більше). В піч вводять речовини, які при порівняно низьких температурах утворюють з пустою породою руди і золою палива легкоплавкі хімічні сполуки – флюси (*gumboils*). Сплавляючись з пустою породою, флюси перетворюються на шлаки (*slags*). Залізні руди, які добувають в Україні, мають переважно кислу пусту породу, і тому використовують як флюси вапняки.
8. Залізна руда, паливо (кокс) і флюси утворюють шихту (*mine*), яку в певному порядку завантажують у доменну піч, де проходить перетворення залізної руди в чавун.

9. Доменна піч – це висока (близько 30 м) вертикальна шахта із сталевих листів, яка зсередини викладена вогнетривкою цеглою. Більшість діючих доменних печей мають корисний об'єм 1300...23000 м<sup>3</sup>, 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.



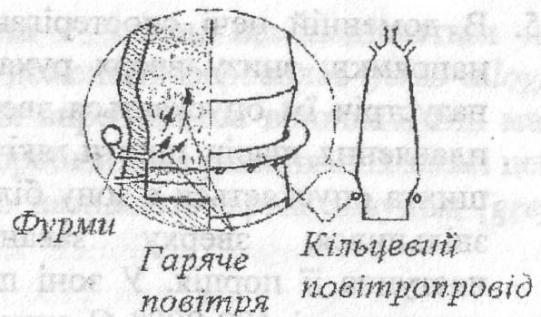
10. Колошник, який розташований у верхній частині печі, призначений для прийому шихтових матеріалів і відведення газів. Над колошником розташований завантажувальний пристрій, який складається з приймальної воронки, малого конуса, розподільчого пристрою і великого конуса. Шихта подається в колошник вагонетками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



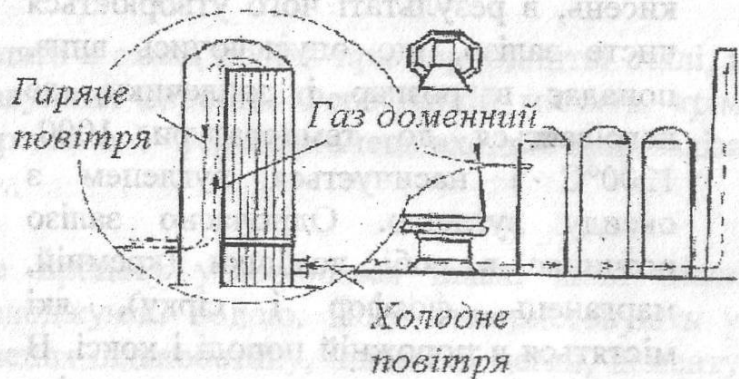
11. У шахті, яка має форму зрізаного конуса, що розширюється донизу, розміщується основна маса шихти. Така форма шахти забезпечує опускання шихти в міру її плавлення у нижню частину печі і рівномірний розподіл газів. В шахті відбувається висушування руд і відтворення (відновлення) заліза. В розпарі починається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



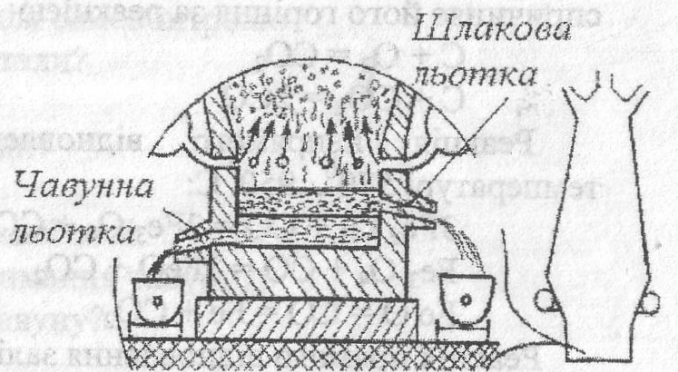
12. Найважливіша частина доменної печі – горн (*bugle*), який знаходиться у нижній її частині. У верхній частині горна розміщені фурми, через які із кільцевого повітропроводу вдувається повітря, необхідне для горіння палива в доменній печі.



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.

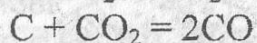
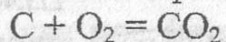




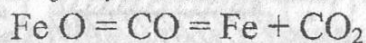
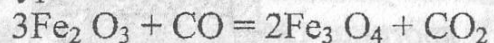
15. В доменній печі спостерігаються два рухи, що мають протилежні напрямки: знизу вверх рухаються газоподібні продукти горіння, а назустріч їм опускається зверху вниз руда, паливо і флюси. В міру плавлення шарів шихти, які розташовані нижче, і згоряння палива, шихта опускається в зону більш високих температур,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



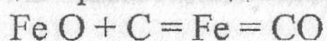
16. Фізико-хімічні процеси, що виникають в доменній печі, зводяться до того, що гаряче повітря контактується з розпеченим коксом і спричиняє його горіння за реакцією:



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



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



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?

## 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. Технология металлов и сварка / [Полухин П. И., Гринберг Б. Г., Жадан В. Т. и др.] ; под ред. П. И. Полухина ] Учебник для ВУЗов. - М.: Высшая школа., 1977. – 464 с.
8. Самохоцький О. І. Металознавство: [підручник] / О. І. Самохоцький, М. Н. Кунявський. - К.: Машинобудівна література. 1955. – 424 с..
9. Пахолук А. П. Основи матеріалознавство і конструкційні матеріали: [підруч. для студ. вищ. навч. зал.] / А. П. Пахолук, О. А. Пахолук. – Львів: Світ, 2005. – 172 с. – 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., Лопатьмо 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.