

УДК 621.7

ББК 34.2

В 58

Рецензенти:

І. Г. Грабар, доктор технічних наук, професор (ЖНАЕУ)

В. Г. Каплун, доктор технічних наук, професор (ХНУ)

І. І. Назаренко, доктор технічних наук, професор (КНУБА)

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

Власенко, А. М.

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

ISBN 978-966-641-512-0

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

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

УДК 621.7

ББК 34.2

ISBN 978-966-641-512-0

Вінниця
ВНТУ
2013

© А. Власенко, 2013

ЗМІСТ

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

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

ВСТУП

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

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

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

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

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

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

Частина 1 МЕТАЛУРГІЯ ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Змістовий модуль 1

1 ВИПЛАВКА ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

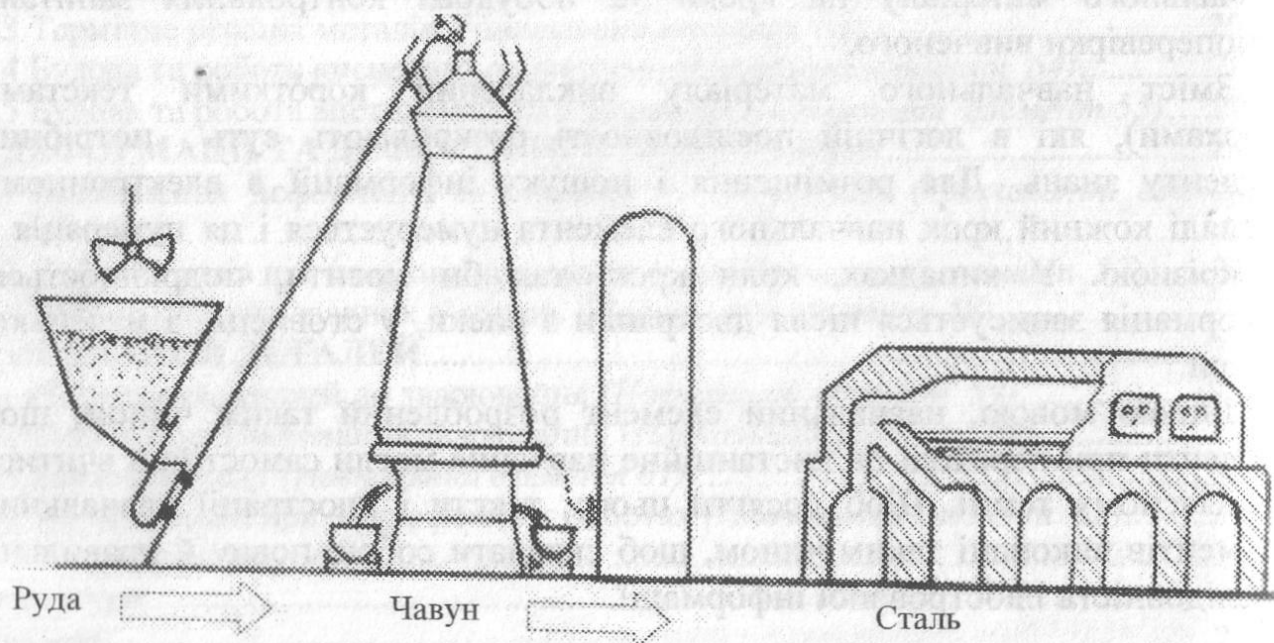
1.1 Виплавка чавуну (Навчальний елемент 1)

Цілі

Закінчивши вивчення даного навчального елемента, студент повинен знати:

- ознаки, за якими розділяють сплави із заліза;
- поняття про вихідні матеріали для виробництва чавуну;
- загальні принципи будови та роботи доменної печі;
- основи доменного процесу;
- основні продукти доменного виробництва.

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



Основний матеріал для одержання чавуну – залізна руда, яка є сполукою заліза з киснем (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO). Рудою називають гірські породи, які містять у собі метали в такій кількості, яка забезпечує їх економічно доцільну переробку. До складу залізної руди входять також оксиди кремнію, марганцю, фосфору, сірки, кальцію, магнію та інших елементів, які називають порожньою породою, тому що в них немає заліза. Використовують у промисловості залізні руди, які містять не менше 25% заліза. Добувають залізну руду відкритим способом за допомогою вибухівки. Великі поклади залізної руди в Україні розташовані біля Кривого Рогу.

Залізну руду до завантаження в доменну піч подрібнюють і збагачують, відокремлюючи, по можливості, порожню породу. Найпростішим способом збагачення є промивка руди водою, яка виносить порожню породу. Магнітна руда збагачується шляхом впливу магнітного поля, коли оксиди заліза, які мають магнітні властивості, притягуються електромагнітом і відокремлюються від пустої породи, яка не здатна намагнічуватися. Ефективним методом збагачення є отримання агломерату шляхом спікання порошкоподібної руди та рудного пилу з домішками вапняку.

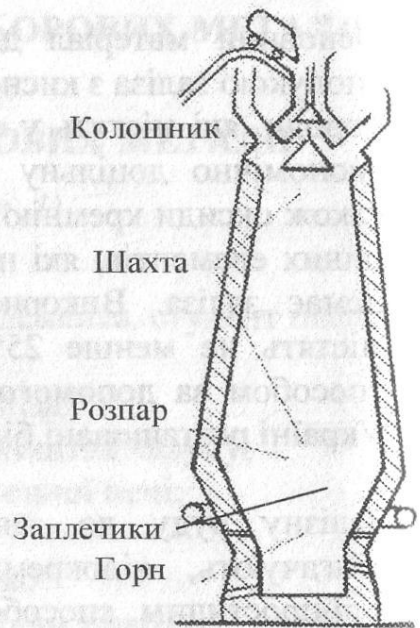
Для розплавлення залізної руди в доменній печі необхідна висока температура, яка утворюється за рахунок спалювання палива. Основним видом палива при виплавці чавуну є кокс (*coke*). Його отримують шляхом сухої перегонки вугілля при температурі до $1000\text{ }^\circ\text{C}$ без доступу повітря. Крім того, частина вуглецю коксу безпосередньо бере участь в реакції відновлення заліза.

Для горіння палива потрібен кисень, його отримують з повітря, яке нагнітається в доменну піч.

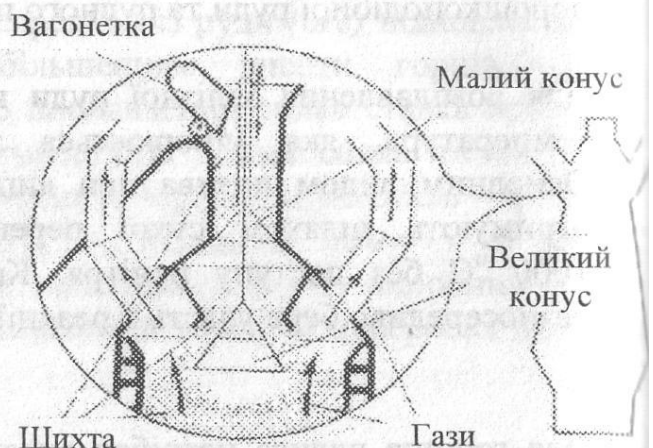
Порожня порода руди, а також зола палива плавляться при дуже високій температурі ($1800\text{ }^\circ\text{C}$ більше). В піч вводять речовини, які при порівняно низьких температурах утворюють з пустою породою руди і золою палива легкоплавкі хімічні сполуки – флюси (*gumboils*). Сплавляючись з пустою породою, флюси перетворюються на шлаки (*slags*). Залізні руди, які добувають в Україні, мають переважно кислу пуету породу, і тому використовують як флюси-вапняки.

Залізна руда, паливо (кокс) і флюси утворюють шихту (*mine*), яку в певному порядку завантажують у доменну піч, де проходить перетворення залізної руди в чавун.

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



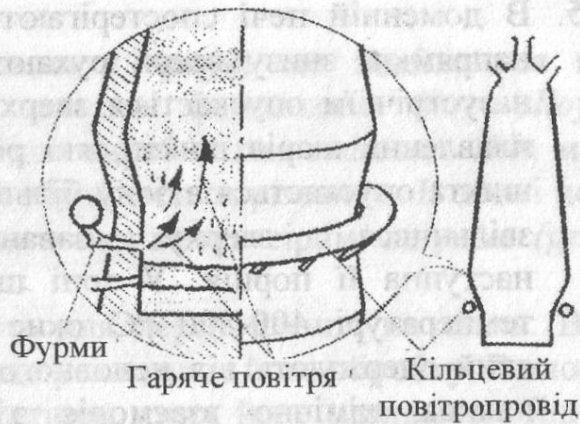
10. Колошник, який розташований у верхній частині печі, призначений для прийому шихтових матеріалів і відведення газів. Над колошником розташований завантажувальний пристрій, який складається з приймальної воронки, малого конуса, розподільного пристрою і великого конуса. Шихта подається в колошник вагонетками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



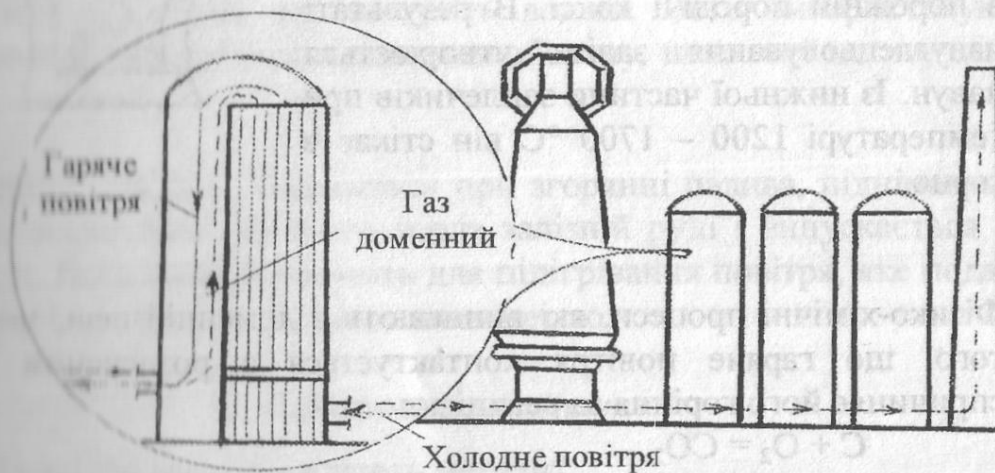
11. У шахті, яка має форму зрізаного конуса, що розширюється донизу, розміщується основна маса шихти. Така форма шахти забезпечує опускання шихти в міру її плавлення у нижню частину печі і рівномірний розподіл газів. В шахті відбувається висушування руд і відтворення (відновлення) заліза. В розпарі починається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



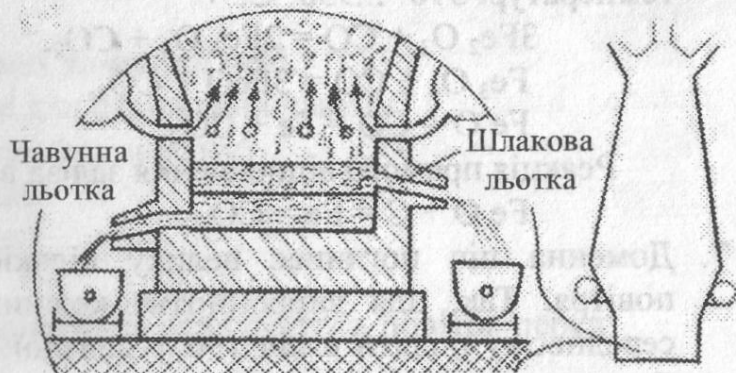
Найважливіша частина доменної печі – горн (*bugle*), який знаходиться у нижній її частині. У верхній частині горна розміщені фурми, через які із кільцевого повітропроводу вдувається повітря, необхідне для горіння палива в доменній печі.



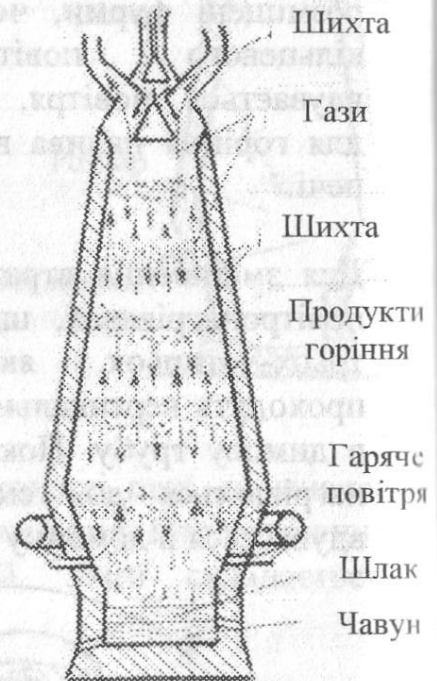
Для зменшення втрат тепла і економії коксу повітря нагрівають у повітрянагрівачах, що знаходяться біля кожної домни у кількості трьох-чотирьох, і які працюють по черзі. Продукти горіння газу проходять вертикальними каналами насадки, нагрівають її і виходять в димову трубу. Поки один повітрянагрівач віддає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



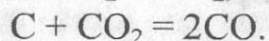
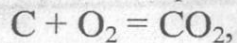
Дно горна називається подом печі, у верхній частині горна на поверхні розплавленого чавуну накопичується розплавлений шлак, який утворюється з порожньої породи і попелу палива. Біля дна горна знаходиться впускний отвір для випуску чавуну, що називається чавунною льоткою, а дещо вище – впускний отвір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



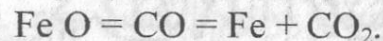
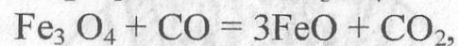
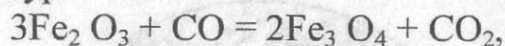
15. В доменній печі спостерігаються два рухи, що мають протилежні напрямки: знизу вверх рухаються газоподібні продукти горіння, а назустріч їм опускається зверху вниз руда, паливо і флюси. В міру плавлення шарів шихти, які розташовані нижче, і згоряння палива шихта опускається в зону більш високих температур, 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 науглецьовування заліза утворюється чавун. Із нижньої частини заплечиків при температурі 1200 – 1700 °С він стікає в горно.



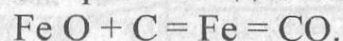
16. Фізико-хімічні процеси, які виникають в доменній печі, зводяться до того, що гаряче повітря контактується з розпеченим коксом і спричиняє його горіння за реакцією:



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



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



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*).

Основним продуктом роботи домни є чавун, що поділяється на ливарні, переробні і спеціальні доменні феросплави (*ferro-alloy*). Ливарний чавун використовують для виробництва виливків. Він має хороші ливарні властивості, добре обробляється різанням. В зломі цей метал має сірий відтінок, тому його називають сірим чавуном (*grey castiron*).

Переробний чавун використовують для перероблення на сталь. Він має велику твердість і крихкість, що ускладнює його обробку. В зломі перероблений чавун має білий відтінок, тому його називають білим чавуном (*white castiron*).

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.

В результаті доменного процесу утворюється шлак, який після виведення з горна охолоджують водою. Його використовують у будівництві для виготовлення шлакобетону, шлакової цегли, цементу тощо.

Доменний газ, що утворюється при згорянні палива, піднімається по шахті, віддає частину свого тепла залізній руді і випускається через відводи. Його використовують для підігрівання повітря, яке подається в домну і як паливо з промисловою метою.

Контрольні запитання

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Атаманюк В. В. Практикум з технології конструкційних матеріалів / Атаманюк В. В. – Вінниця : ДОВ “Вінниця”, 2004. – 167 с.
2. Власенко А. М. Матеріалознавство для студентів теплоенергетичних спеціальностей : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 101 с.
3. Власенко А. М. Робоча професія. Ч 1. Технологія металів: [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2003. – 111 с.
4. Власенко А. М. Матеріалознавство. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт: [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 52 с.
5. Власенко А. М. Основи зварювання / Власенко А. М. – Вінниця : ВЕТУ, 2007. – 106 с.
6. Геллер Ю. А. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи: [учеб. пособ. для вузов. – 6-е изд., перераб и допол.] / Геллер Ю. А. – М. : Металлургия; 1989. – 456 с.
7. Основи металургійного виробництва металів і сплавів / [Чернега Д. Ф., Богушевський В. С., Готвянський Ю. Я. та ін.] ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. – К. : Вища школа, 2006. – 503 с.
8. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : [підручник для студ. вищ. навч. закл.] / Попович В. В.. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
9. Пахолюк А. П. Основи матеріалознавство і конструкційні матеріали: [підруч. для студ. вищ. навч. зал.] / А. П. Пахолюк, О. А. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
10. Самохоцький О. І. Металознавство : [підручник] / О. І. Самохоцький, М. Н. Кунявський. – К. : Машинобудівна література, 1955. – 424 с..
11. Савуляк В. І. Ручне електродугове зварювання : [навчальний посібник] / В. І. Савуляк, А. Ю. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 130 с.
12. 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.
13. Металознавство: / [Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М., Москаленко Ю. Н.]. – [2-ге вид., перероб. і доп.]. – К. : ІВЦ “Видавництво Політехніка”, 2008. – 384 с.
14. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів / [навч. посібник для учнів проф. навч. зал.] / Хільчевський В. В., Кондратюк С. Є., Степаненко В. О., Лопатьмо К. Г. – К. : Либідь, 2002. – 328 с.