**Тема № 2**

**Виробництво чорних та кольорових металів**

1. **Сучасне металургійне виробництво**

Метали, які застосовуються в техніці, поділяють на чорні й кольорові. До чорних належать залізо та його сплави, до кольорових - усі інші ме­тали.

Спочатку залізо добували безпосередньо із руди відновленням у горнах. Із збільшенням висоти горнів залізо насичувалось вуглецем, від чого ви­плавлений сплав ставав крихким, але з кращими ливарними властивостя­ми. Такий сплав дістав назву чавуну. З XIII ст. чавун почали переробляти на сталь - сплав з меншим, ніж у чавуні, вмістом вуглецю, силіцію, манга­ну та деяких інших елементів, а тому з більшою пластичністю та міцністю.

Така двостадійна схема виробництва сталі - виплавка чавуну в доменній печі та переробка його на сталь - і сьогодні є основною.

Продукцією чорної металургії є чавуни, феросплави (сплави заліза з підвищеним вмістом інших елементів) та сталеві зливки для виготовлен­ня сортового прокату і великих деталей машин.

Виробництво кольорових металів характеризується великою різноманітністю технологічних процесів виплавки і визначається особливостями складу їхніх руд. Продукцією кольорової металургії є чисті метали та їхні сплави, а також зливки для виготовлення сортового прокату.

1. **Матеріали для виробництва металів та сплавів**

Для виробництва металів використовують руди, флюси, паливо, вогне­тривкі матеріали.

**Рудою** називають гірські породи, які містять у собі метали в кількості, що забезпечує їх економічну доцільну переробку. Залізні руди, наприклад, містять 30...70 % металу. Руда складається з мінералів, у яких метал міститься у вигляді оксидів, сульфідів, карбонатів та пустої породи (в основному кремнезему SiO2, глинозему А12О3 з домішками сірки, фосфору, арсену тощо).

**Флюсом** називають матеріали, які утворюють при виплавленні шлак-легкоплавку сполуку з пустою породою руди, золою палива та іншими неметалевими вкрапленнями. При виплавці чорних і деяких кольорових металів флюсами можуть бути кварцовий пісок, що складається в основному з SiO2, вапняк СаСО3 та інші сполуки кальцію і магнію.

**Паливом** в металургійних процесах можуть бути кокс, природний, доменний або коксовий газ, мазут.

Кокс одержують сухою перегонкою кам'яного вугілля без доступу по­вітря при температурі 1000... 1100 °С. Природний газ складається в основному з метану СН4. Доменний газ є побічним продуктом при виплавці чавуну в доменній печі, містить значну кількість горючих складових (до 32 % CO, до 4 % Н2). Мазут – тяжкий залишок перегонки нафти.

**Вогнетривкі матеріали** застосовують для внутрішнього облицюван­ня (футерування) плавильних печей та іншого обладнання, яке перебуває під дією високих температур і розплавленого металу та шлаку. За хіміч­ним складом вогнетривкі матеріали поділяють на кислі, основні та ней­тральні.

1. **Виробництво чавуну**

Чавун виплавляють із залізних руд пірометалургійним способом у доменних печах, використовуючи для цього тверде паливо (кокс) і флюси.

Пірометалургійний спосіб ґрунтується на тому, що потрібна для виплавлення металу теплота забезпечується згорянням палива. Цей спосіб є головним для виробництва заліза і його сплавів, міді та інших металів.

**Залізні руди** містять залізо у вигляді оксидів, гідратів оксидів, карбо­натів. Пустою породою в цих рудах, як правило, бувають кварцит або пісковик, глинясті речовини.

До основних залізних руд належать: магнітний залізняк з масовою часткою 45...70 % заліза у вигляді оксиду Fe3O4; червоний залізняк з масовою часткою 50...60 % заліза у вигляді оксиду Fe2O3; бурий залізняк у вигляді водного оксиду Fe2O3 · 3Н2О містить до 35 % заліза; шпатовий залізняк з масовою часткою 30...40% у вигляді карбонату FeCO3.

**Паливо** під час виплавки чавуну виконує роль не тільки пального, а й відновлювача заліза з руди. Цим вимогам найкраще задовольняє тверде паливо - кокс.

**Флюсами** при виплавці чавуну в доменній печі є вапняк СаСО3 або доломітизований вапняк, який складається з СаСО3.

Доменний процес вважається раціональним, якщо масова частка заліза в шихті становить не менш як 60 %. Тому важливим етапом у металур­гійному виробництві є підготовка руд до плавки. З цією метою руди піддають таким основним етапам:

* по­дрібнення;
* сортування;

збагачення полягає у збільшенні різними способами вмісту заліза в руді.

Для поліпшення плавки збагачену руду (концентрат) переробляють у кускові матеріали агломерацією або обкатуванням.

**Агломерація** полягає у спіканні руди (40...50 %), вапняку (15...20 %), дрібного агломерату і коксу в спеціальній агломераційній машині.

**Обкатування** полягає в окусковуванні подрібнених концентра­тів. Для цього концентрат, флюси і паливо зволожують і завантажу­ють у нахилену чашу (гранулятор), що обертається, або в пустотілий барабан, де і утворюються обкотки - кульки діаметром 25...30 мм. Готові обкотки сушать і обпалюють при температурі 1200... 1300 °С. Викорис­тання обкотків, як і агломерату, поліпшує доменну плавку, підвищує про­дуктивність доменної печі, зменшує витрату палива.

Доменна піч працює за принципом протипотоку: шихтові матеріали рухаються зверху вниз, а назустріч їм піднімається потік гарячих газів - продуктів згоряння палива. При цьому горить паливо, відновлюється і насичується вуглецем залізо, відновлюються інші елемен­ти, утворюється шлак.

У зоні повітряних фурм вуглець коксу взаємодіє з киснем дуття, зго­ряє, внаслідок чого температура в цій зоні печі досягає 1800...2000 °С. У таких умовах вуглекислий газ СО2 взаємодіє з вуглецем коксу і утво­рює оксид вуглецю CO, який і стає головним відновником заліза. Трохи вище, в зоні печі з температурою 700...450 °С, частина оксиду вуглецю розкладається з утворенням сажистого вуглецю.

Шихтові матеріали, опускаючись назустріч потоку розжарених га­зів, нагріваються, з них випаровується волога, виділяються леткі речовини. При досягненні температури 750...900 °С у шихті відновлюється залізо:

3Fe2O3 + CO = 2Fe3О4+CO2;

Fe3O4 + CO = 3FeО+CO2;

FeO + CO = Fe+CO2.

Частина оксиду FeO опускається до розпару і заплечиків і відновлю­ється вуглецем коксу.

У відновленні заліза беруть участь також сажистий вуглець і водень.

Отже, суть доменного процесу полягає у відновленні оксидів заліза, що містяться в залізних рудах, твердим вуглецем, воднем та флюсом.

Таким чином, внаслідок відновлення заліза, мангану, силіцію, фосфо­ру та сірки і розчинення їх у залізі в горні печі збирається шлак - сплав пустої породи, флюсів, попелу палива, а також частина невідновлених оксидів. У міру того як утворюються і накопичуються чавун і шлак, їх випускають із печі.

Головними продуктами доменного виробництва є чавун і феросплави, побічними - шлак і колошниковий газ. Залежно від хімічного складу, бу­дови і призначення виплавлені в доменній печі чавуни поділяють на:

- переробні чавуни - основний вид чавуну, призначений для вироблен­ня сталі;

- ливарні чавуни призначені для одержання фасонного литва;

- спеціальні чавуни, або феросплави - це сплави заліза із значним вмістом силіцію, мангану та інших елементів.

Шлак використовують для виробництва шлаковати, шлакоблоків, цементу.

Гази (CO, CO2, H2, CH4N2), що утворюються в печі, піднімаються вверх і в зоні колошника відводяться трубами з печі. Ці гази, названі ко­лошниковими, використовують як паливо для нагрівання повітронагрівників.

1. **Виробництво сталі**

Сталь відрізняється від чавуну меншим вмістом вуглецю, силіцію, ман­гану та домішок сірки і фосфору. Тому переробка чавуну на сталь поля­гає у зменшенні в ньому вмісту вуглецю та інших елементів і переведенні їх у шлак або гази. Це досягається шляхом вибіркового окислення певних елементів. Вихідними матеріалами для сталі є переробний чавун і сталевий брухт (скрап).

Основні етапи виплавки сталі:

* розплавлення шихти (видаляються Si, Mn, P, S);
* кипіння рідкого металу (видаляється С та S);
* розкислення сталі (видаляється О).

Добре відомими способами виплавки сталі є мартенівський, киснево-конвертерний та електропічний.

**Мартенівський спосіб** є найстарішим. Використовують мартенівську регенеративну горизонтальну піч. Піч має великий корисний об’єм, тому для підігріву повітря, що подається разом з паливом ( газ, мазут), у робочому просторі печі використовують регенератори(накладки з вогнетривкої цегли). Корисний об'єм печі може становити 900 т рідкого металу. Проте, продуктивність мартенівських печей невисока. Цим способом отримують сталі звичайної якості та невисокої вартості.

Матеріалами для виплавки сталі в мартенів­ській печі можуть бути: сталевий брухт (скрап), рідкий і твердий чавуни, залізна руда. Залежно від їхнього співвідношення в шихті розпізнають:

1) скрап-рудний процес на шихті з рідкого чавуну з добавкою 25...30 % сталевого скрапу і залізної руди;

2) скрап-процес на шихті зі сталевого скрапу і 25...45 % чушкового пе­реробного чавуну.

Флюсом в обох процесах є вапняк СаСО3 (8... 12 % від маси металу).

**Киснево-конвертерний спосіб** є більш прогресивним та продуктивним. Він полягає в продуванні рідкого чавуну киснем.

Кисневий конвертер - це посудина грушоподібної форми із сталевого листа, футерована зсередини вогнетривкою цеглою. Робо­чий стан конвертера вертикальний. Кисень подається в нього за допомогою охолоджуваної водою фурми, яка вводить­ся в конвертер крізь горловину.

Конвертери виготовляють місткістю 100...400 т рідкого чавуну. Загаль­на витрата технічного кисню на виготовлення 1 т сталі становить 50...60 м3.

Матеріалами для одержання сталі в кисневому конвертері є рідкий пе­реробний чавун і сталевий брухт.

Перед початком роботи конвертер повертають на цапфах навколо горизонтальної осі і за допомогою завалочної машини завантажують до 30 % металобрухту, потім заливають рідкий чавун при температурі 1250...1400 °С, повертають конвертер у вихідне вертикальне положення, заводять кисневу фурму, подають кисень і добавляють шлакоутворю­вальні матеріали.

Після 15...16 хв продування фурму піднімають, нахиляють конвертер, беруть пробу металу на аналіз і скочують більшу частину шлаку. Після визначення експрес-аналізом складу сталі (це займає 7...8 хв) конвертер зно­ву ставлять у вертикальне положення, заводять фурму і продовжують про­дування протягом часу залежно від даних аналізу і заданої марки сталі.

Порівняно з іншими плавильними агрегатами **електропечі** мають такі переваги:

* можливість швидкого нагрівання і підтримання потрібної тем­ператури в межах до 2000 °С;
* можливість створення окислювальної, відновлювальної або нейтральної атмосфери, а також вакууму.

Це дає змо­гу виплавляти в електричних печах сталі та інші сплави з мінімальною кількістю шкідливих домішок, з оптимальним вмістом компонентів, які відзначаються високими якостями і спеціальними властивостями.

Металургійні електричні печі поділяють на дугові й індукційні. У дугових печах розплавлення шихти проходить завдяки горінню електричної дуги високої теплотворної здатності. Процес ведеться в закритій печі, що обмежує доступ повітря, а отже, забезпечує більший контроль за складом рідкої сталі. Корисний об’єм печей 300…3500 кг.

В індукційних печах нагрів та розплавлення шихти відбувається струмами високої частоти. Основною складовою індукційних печей є індуктор, який розміщують навколо вогнетривкого муфеля. Індикатор виготовляють з трубчастої міді. В процесі плавки його охолоджують водою. Корисний об’єм індукційних печей 30…3500 кг.

**5. Розливання сталі**

Виплавлену у плавильній печі сталь виливають у розливний ківш і мо­стовим краном переносять до місця розливання в зливки. Місткість ков­ша визначається місткістю плавильної печі й становить 50...480 т. Сталь розливають у виливниці або в кристалізатори установок для безперерв­ного розливання.

**Виливниці** - це чавунні форми для одержання великих зливків різно­го перерізу. Маса зливків для прокатки становить 10...12 т (рідше - до 25 т), а для поковок - 350...400 т.

Застосовують два способи розливання сталі у виливниці:

- зверху - сталь заливають із ковша в кожну виливницю окремо. При такому розливанні поверхня зливків внаслідок попадання бризок рідкого металу на стінки виливниці забруднюється плівками оксидів;

-си­фоном - сталлю заливають одночасно 4...8 і більше встановлених на піддон виливниць крізь центральний лив­ник і канали в піддоні. Сталь при цьому надходить у виливниці знизу, що забезпечує плавне, без розбризкування заповнення їх, поверхня зливка стає чистою, скорочується тривалість розливання. Сталь у надставці зберігається в рідкому стані, завдяки чому зменшується об’єм раковини і відходи зливка.

Розливання зверху застосовують для вуглецевих, а сифоном - для ле­гованих сталей.

**Безперервне розливання сталі** виконують на спеціальних машинах безперервного лиття заготовок (МБЛЗ).

Суть способу безперервного лиття досить проста: рідка сталь із ковша надходить у наскрізний охолоджувальний водою кристалізатор. До по­чатку розливання в кристалізатор заводять штучне дно (затравку ). Рід­кий метал при зіткненні з холодною затравкою і стінками кристалізатора починає тверднути, затравка разом із затверділим на ній металом повіль­но витягується із кристалізатора і тягне за собою утворювану таким чи­ном заготовку (зливок). У цей час заготовка всередині може бути ще рід­кою. Тому її інтенсивно охолоджують струменями води. Далі заготовку ріжуть газокисневим різаком на куски потрібної довжини (3...8 м).

Великим недоліком таких машин є те, що вони дуже високі (понад 40 м) і їх треба розміщувати в бетонованому колодязі такої самої глибини. Тому по­ряд з вертикальними широко застосовують машини радіальні, криволіній­ні, горизонтальні.

**6. Особливості виробництва кольорових металів**

Кольорові метали та їх сплави: мідь, латунь, бронза, алюміній, магній, цинк, свинець, олово, титан, нікель, кобальт, бабіт широко застосовують при виготовленні різних деталей. Способи виробництва кольорових металів складніші, ніж способи металургії чорних металів тому, що руди кольорових металів відрізняються великою різноманітністю сполук. Перед плавкою руди збагачують. Вони вимагають комплексної переробки для виділення компонентів.

*Виробництво алюмінію*

Алюміній - найпоширеніший метал у земній корі. Його масова частка 8,8 %. Алюмінієвими рудами є боксити, нефеліни, апатити, алуніти. Алю­міній міститься в них у вигляді глинозему А12О3, його гідратів та інших сполук.

Основною промисловою сировиною для одержання алюмінію є бокси­ти. До їхнього складу може входити до 60 % А12О3; 13 % SiO2; 23 % Fe2O3; 10 % ТіО2.

Виробництво алюмінію складається з двох процесів: виділення глино­зему з руди і його електроліз.

Глинозем одержують з бокситів в основному лужним способом. Для цього подрібнений боксит піддають вилуговуванню в автоклавах при температурі 100...250 °С у концентрованому розчині лугу NaOH.

Добре розчинений алюмінат натрію залишається у розчи­ні, а домішки (оксиди заліза, титану та ін.) випадають у осад. Відфільтрований розчин алюмінату натрію гідролізують і гідроксид алюмінію А1 (ОН)3 випадає в осад. Його прожарюють при температурі 1200 °С в трубчастих обертових печах і дістають глинозем.

Утворений глинозем розчиняють у кріоліті -фториді натрію та алюмінію і піддають електролізу в електролізерах.

Рафінування алюмінію полягає в продуванні рідкого металу хлором протягом 10...15 хв. Утворюваний при цьому пароподібний хлорид алюмі­нію А1С13 адсорбується на поверхні неметалевих домішок, які спливають у вигляді шлаку. Хлор також сприяє видаленню розчинених газів (О2, СО2).

Після рафінування і відстоювання протягом 30...45 хв алюміній дося­гає чистоти 99,85 %. При більш високих вимогах до алюмінію щодо чис­тоти його піддають ще й електролітичному рафінуванню. Такий алюмі­ній має чистоту до 99,99 %.

Первинний алюміній виготовляють особливої чистоти А999 (99,999 % А1); високої чистоти - А995 (99,995 % А1), А99 (99,99 % А1), А97 (99,97 % А1), А95 (99,95 % А1) і технічної чистоти - А85, А8, А7, А6, А5, А0 (99,0 % А1).

*Виробництво магнію*

Масова частка магнію в земній корі 2,4 %. Рудами магнію є карналіт, магнезит, доломіт, бішофіт.

Найпоширенішим способом виробництва магнію є електролітичний. Він складається з двох процесів - добування хлориду магнію MgCl2 і його електролізу.

Основною сировиною для виробництва магнію є карналіт. З метою збагачення карналіт обробляють гарячою водою.

Для видалення вологи штучний карналіт обпалюють в обертових або з "киплячим" шаром печах і плавлять в хлораторах, щоб зменшити вміст оксиду MgO в безводному карналіті. Магнезит і доломіт спочатку обпа­люють, а потім піддають хлоруванню в присутності вуглецю і одержують хлорид магнію MgCl2.

Електроліз хлориду магнію здійснюють у футерованих шамотом електролізерах. Електролітом для добування магнію є розплав солей MgCl2, СаС12, NaCl, KC1 з добавкою NaF і KF. Електроліз ведуть при температурі 720 °С, електричній напрузі близько 3 В і силі електричного струму 30...50 кА. Витрата електроенергії для добування 1 τ магнію становить 15...17кВт-год.

Чорновий магній містить до 2...5 % різних до­мішок, тому в більшості випадків його піддають рафінуванню - переплавці з флюсами, до складу яких входять хлориди магнію, барію, калію, натрію тощо.

Більш глибоке очищення магнію можна здійснити його сублімацією у вакуумі.

Магній можна одержати також термічним способом - відновленням його оксиду MgO вуглецем, силіцієм або феросиліцієм при високих тем­пературах та відносно глибокому вакуумі.

Виплавляється первинний магній таких марок: Мг96 (99,96 % Mg), Мг95 (99,95 % Mg) і Мг90 (99,90 % Mg).

*Виробництво міді*

Масова частка міді в земній корі 0,01 %. Мідні руди містять 1...5 % міді. Мідь у них міститься у вигляді сірчистих сполук CuS, Cu2S або CuFeS2, оксидів CuO і Cu2O, карбонатів. Поряд з міддю ці руди часто містять ні­кель, цинк, свинець, золото, срібло та інші метали.

Добувають мідь з сульфідних руд пірометалургійним способом. У про­цес виплавлення міді входять: збагачення і випалення руди, виплавлення напівпродукту - штейну, з якого потім одержують чорнову мідь. Для очи­щення від домішок чорнову мідь рафінують.

Збагачують мідні руди методом флотації, заснованим на різному змо­чуванні водою сполук міді й пустої породи. Після фільтрації і сушіння зібраної піни утворюється концен­трат з масовою часткою міді 15...35 %.

Випалюють концентрат при температурі 750...850 °С в повітряній ат­мосфері з метою окислення сульфідів і зменшення вмісту сірки.

Останнім часом для плавлення концентратів застосовують електричні печі і плавлення в киплячому стані, що дає змогу підвищити продуктив­ність процесу майже втричі порівняно з полуменевою відбивною піччю і зменшити енергозатрати на 30 %.

Чорнова мідь утворюється при продуванні розплавленого штейну повітрям у конвертері.

Виплавлену мідь називають чор­новою тому, що вона містить до 1,5 % домішок. Для очищення домі­шок чорнову мідь піддають вогне­вому і електричному рафінуванню.

Вогневе рафінування полягає в окисленні домішок у відбивних пе­чах при продуванні чорнової міді по­вітрям.

Після вогневого рафінування чистота міді досягає 99,7 %. Із неї відли­вають чушки для одержання сплавів або плити для електролітичного ра­фінування.

Електролітичне рафінування застосовують для одержання міді чис­тотою 99,95 %. Електроліз проводять у спеціальних ваннах.

Первинну мідь поставляють таких марок: М00 (99,99 % Cu), M0 (99,95 % Си), МІ (99,9 % Cu), M2 (99,7 % Си), МЗ (99,5 % Си).