

# ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ.

**Тема 1.** Різновиди пірометалургійних процесів.

**Тема 2.** Випал та металургійні плавки.

## ВСТУП

Металургія – це розділ науки і техніки, що займається отриманням металів з руд і інших видів металургійної сировини. Вона є ланкою в загальному циклі гірничо-металургійного виробництва, що включає геологію, гірську справу, збагачення рудий, власне металургію і металообробку. За визначенням академіка О.Н. Польського металургійним називається процес, основна мета якого полягає в добуванні чистих металів або їх з'єднань із багатокомпонентних вихідних матеріалів – руд, концентратів, промпродуктів.

Першим вченим-металургом був Агрикола (1494-1555 рр.). У написаній ним книзі по металургії і гірській справі «De Re Metallica» (1555 р.) узагальнений досвід і дан ряд практичних рекомендації для металургів XVI- XVII вв. Проте, відповідно до рівня знань тих часів, рівень питань металургії в ній був надзвичайно низький, і лише відкриття М.В. Ломоносовим (1711-1765 рр.) закону збереження маси при хімічних реакціях в 1748 р. дозволило правильно трактувати процеси отримання металів і роль взаємодії руди і палива з повітрям в цих процесах. Фундаментальні роботи, що послідували потім, в області металургії і фізичної хімії зробили можливим не тільки розширення асортименту металів, вживаних в техніці, але і розробку фізико-хімічних основ цілого ряду принципово нових металургійних процесів, що дозволяють отримувати практично всі метали періодичної системи Д. І. Менделєєва.

В даний час, відповідно до Періодичної системи Д.І. Менделєєва, відомо 118 елементів, причому в природі існує 92 елементи, з яких близько 80 елементів мають більш менш яскраво виражені металеві властивості. Решта елементів з 93 по 118 тримана на підставі фізичних експериментів і є не стабільними. Ці елементи підрозділяються на метали і неметали:

неметали представлені: Н, В, С, N, Р, О, S;

галогеніди: F, Cl, Br, I, At;

інертні гази: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn.

Як показує вітчизняна і зарубіжна практика, в основі виробництва більшості кольорових металів лежать одні і ті ж процеси, наприклад, пірометалургійні процеси, рудні плавки – концентраційні і відновні, гідрометалургійні процеси, іонообмінні і екстракції процеси на стадіях рафінування ряду металів.

Виходячи з необхідності уніфікації і створення нових технологій, автори знайшли доцільним викласти матеріал по основних процесах, використовуваних у виробництві кольорових металів.

### **Характеристики металів і методи їх переробки**

Загальними ознаками металевого стану є: металевий блиск, непрозорість, висока електро- і теплопровідність, висока пластичність (ковка), кристалічна структура, сірий колір з відтінками від світло-сірого до темно-сірого (виняток становлять тільки два метали - червона мідь і жовте золото). Крім того, для типових металів загальним є характер залежності електропровідності від температури: з підвищенням температури електропровідність їх зменшується. Згідно загальноприйнятої промислової класифікації всі метали діляться на дві групи: чорні і кольорові. До чорних металів відносяться залізо і його сплави, марганець і хром, виробництво яких тісно пов'язане з металургією чавуну і сталі. Решта всіх металів відноситься до кольорових. Назва «Кольорові метали» є умовна, оскільки фактично тільки золото і мідь мають яскраво виражене забарвлення. Решта всіх металів, включаючи чорні, має сірий колір з різними відтінками - від світло-сірого до темно-сірого.

Кольорові метали умовно діляться на групи:

1. Важкі метали: мідь, нікель, свинець, цинк, олово, вісмут, миш'як, сурма, кадмій, ртуть, кобальт. Свою назву вони отримали ще в 19 сторіччі із-за більшої питомої ваги, чим залізо. Головними складовими цієї групи є мідь, нікель, свинець, цинк, олово. Інша частина (сурма, кадмій, ртуть і кобальт) є природними супутниками основних важких металів. Зазвичай їх отримують попутно, але виробляють в значно менших кількостях.

2. Легкі метали: алюміній, магній, натрій, калій, барій, кальцій, стронцій, берилій, літій, рубідій, цезій. Останні чотири метали іноді відносять до легких рідкісних металів. Метали цієї групи мають найнижчу серед інших металів щільність (питому масу), хоча в Промисловості вони можуть мати велику питому вагу, наприклад,

алюміній за об'ємом виробництва займає третє місце після сталі і чавуну.

3. Благородні метали: золото, срібло, платна і платиноїди (паладій, родій, рутеній, осмій і іридій).

4. Рідкісні метали. По промисловій класифікації рідкісні метали підрозділяються на наступні підгрупи:

- тугоплавкі рідкісні метали: вольфрам, молібден, реній, тантал, ніобій, цирконій, гафній, ванадій і титан.

- розсіяні рідкісні метали: галій, індій, талій, германій, селен і телур.

- рідкоземельні рідкісні метали: скандій, ітрій, лантан і лантаноїди.

- радіоактивні рідкісні метали: радій, уран, торій, актиній і трансуранові елементи.

Слід зазначити, що такий елемент як кремній, що є напівпровідником, не увійшов взагалі до якої або групи класифікації. Проте за змістом в земній корі, рівню споживання він перевершує багато традиційних металів. Кремній є сплавоутворюючим елементом, а в другій половині 20-го століття знайшов широке застосування в напівпровідниковій техніці. Багата рудна база України є хорошою сировинною основою для розвитку виробництва цілого ряду кольорових металів і створення основ для розвитку високих технологій.

У результаті металургійного процесу здійснюються: 1) переведення вихідного багатоконпонентного матеріалу в гетерогенну систему, фази якої різняться за вмістом основного компонента і легко відділяються одна від одної; 2) розподіл фаз отриманої гетерогенної системи; 3) підготовка матеріалу до наступного процесу.

Перші дві характеристики відносяться до основних металургійних процесів, причому обидва завдання, як правило, вирішуються в одному апараті. Процеси третьої групи є допоміжними, підготовчими до основних переділів (наприклад, дроблення, здрібнювання, сушіння, випал, спікання вихідного матеріалу і т.д.).

Залежно від умов проведення процесу металургійні процеси можуть бути розділені на пірометалургійні та гідрометалургійні.

Пірометалургійні процеси відбуваються при високих температурах, часто з розплавлюванням вихідного матеріалу. Ці процеси за температурою у свою чергу розділяють на дві групи: випал і металургійні плавки.

1. Випал – це процес, який проводять при відносно високих температурах (500...1200 °С) за участю твердої фази вихідного матеріалу і газоподібних реагентів. При цьому вирішується завдання одержання таких хімічних сполук основного металу, які зручні для наступних основних металургійних процесів.

За складом кінцевого продукту (недогарка) і виду газоподібного реагенту розрізняють наступні види випалу:

а) кальцінувальний, призначений для одержання оксидів металів з інших сполук (гідрати, карбонати, нітратаи та ін.) внаслідок їхньої термічної дисоціації;

б) окислювальний, що служить для одержання оксидів або сульфатів (сульфатизуючий випал) обробкою сульфідних матеріалів при підвищених температурах киснем повітря;

в) агломераційний, який використовують для перетворення порошкоподібного вихідного матеріалу в кусковий (агломерат). Агломерат одержують рекристалізацією матеріалу без його розплавлення або внаслідок утворення невеликої кількості рідкої фази, яка при охолодженні зв'язує (склеює) частки порошку в кусковий матеріал;

г) відновний, застосовуваний для перетворення оксидів або інших хімічних сполук у метали обробкою таких з'єднань різними відновниками;

д) фторуючий і хлоруючий випали, що перетворюють оксиди металів у відповідні фториди і хлориди обробкою оксидів фтором, хлором або різними їхніми з'єднаннями.

2. Металургійні плавки – це процеси, у яких основні фізико-хімічні перетворення і розділення вихідної сировини на окремі фази протікають у розплавлених середовищах. Металургійні плавки підрозділяють на рудні та рафінуючі.

Рудні плавки – це процеси, у яких обробці піддають такі вихідні матеріали як руда, концентрат або різні промпродукти інших металургійних переділів. За характером хімічних реакцій, що протікають під час плавки, рудні плавки підрозділяють:

1) відновні, призначені для одержання металів з їхніх хімічних сполук обробкою розплавленої вихідної сировини різними відновниками;

2) окисні концентраційні, призначення яких полягає в одержанні збагаченого за основним металом продукту – штейну (сплаву

сульфідів металів) внаслідок розподілу в розплавленому стані вихідної сировини на шлакову (сплав окислів металів) і штейнову фази;

3) електролітичні (електроліз розплавлених солей), призначені для одержання твердих або розплавлених вільних металів з їхніх хімічних сполук у результаті їх електролітичного розкладання;

4) металотермічні, які використовуються для одержання металів або різних сплавів з їхніх хімічних сполук при впливі на ці з'єднання хімічно більш активних металів;

5) реакційні, засновані на взаємодії окислів і сульфідів і призначені для одержання розплавів чорнових металів або збагачених сульфідних матеріалів.

Рафінуючі плавки – служать для очищення чорнових металів від домішок. Рафінуючі плавки мають наступні різновиди:

1) ліквацийне рафінування, засноване на утворенні і розділенні за щільністю двох фаз, з яких основна (тверда або рідка) фаза містить меншу кількість домішки в порівнянні як із другою фазою, так і з вихідним матеріалом;

2) дистиляційне рафінування, що базується на різниці в тиску пари основного металу та домішки і здійснюється або ректифікацією, або способом однократної дистиляції;

3) окисне рафінування, в основу якого покладена різна спорідненість до кисню домішки та основного металу, і утворенні у вихідній системі двох фаз, різних як за фізичними властивостями (щільність), так і за змістом домішки;

4) хлорне рафінування, аналогічне окисному, за винятком того, що в основі процесу лежить спорідненість основного металу і домішки не до кисню, а до хлору;

5) сульфідуючі рафінування, засноване на різній спорідненості металів до сірки і утворенні у вихідній однофазній системі двох різних за властивостями фаз - металеві і сульфідної;

6) карбональне рафінування, що базується на утворенні в певних умовах летучих з'єднань основного металу типу  $Me(C)_n$ .

Гідрометалургійні процеси протікають при відносно низьких температурах (10...300 °C) на поверхні зіткнення твердої і рідкої фаз. Цю групу металургійних процесів можна розділити на ряд класів:

1) вилуговування, тобто процес переведення хімічних сполук основного металу з руд і концентратів у розчини селективно діючим розчинником з наступним відділенням мінералів порожньої

породи. У кольоровій металургії в якості розчинників використовують розчини кислот, лугів і солей;

2) очищення розчинів від домішок. На цієї стадії розчини очищаються від домішок, які перейшли в них на стадії вилуговування. За характером хімічних реакцій, що протікають при цьому, процеси очищення мають наступні різновиди:

а) осадження домішок реагентами, що базується на різній розчинності гідрооксидів або хімічних сполук основного металу і домішок у спеціально підібраних умовах;

б) екстракція органічними сполуками, в основу якої покладено селективне добування з'єднань певних металів в органічну фазу при обробці органічними екстрагентами водяних розчинів, що містять ці метали;

в) адсорбційні та іонообмінні процеси, також як і екстракційні, засновані на селективному добуванні з водяних розчинів іонів певного металу спеціально підібраними твердими високомолекулярними органічними сполуками – іонітами.

3. Осадження металу з розчинів у вільному виді, здійснюється одним з наступних методів:

1) електролітичним виділенням з розчинів;

2) цементациєю – витисненням одного металу з розчину іншим;

3) відновленням газоподібними або твердими відновниками під тиском.

### **Загальні схеми переробки кольорових металів**

Практикою металургії встановлено, що для одержання металу заданої якості, зі звичайної багатокomпонентної сировини необхідний ланцюг металургійних процесів, що поступово розділяють компоненти складної сировини на окремі складові, тобто на металургійних заводах використовують не окремі процеси, а технологічні схеми, що полягають із ряду взаємозалежних процесів. У виробничих умовах залежно від складу вихідної сировини і розв'язуваних завдань технологічні схеми можуть містити в собі сукупність послідовно з'єднаних пірометалургійних або гідрометалургійних процесів, а також їх різні комбінації. При побудові технологічних схем необхідно забезпечити максимальне добування цільового металу в кінцевий продукт при мінімально можливих витратах на його виробництво. Тому при переробці вихідних матеріалів у кольоровій металургії прагнуть до побудови таких схем, які забезпечува-

ли б не тільки одержання основного металу заданої якості, але й добування інших ланцюгових складових у самостійні продукти. Для зниження витрат на виробництво металів використовують також схеми, що забезпечують регенерацію основних реагентів, використаних при роботі таких схем. Наприклад, з технологічної схеми одержання свинцю заданої якості із сульфідних свинцевих концентратів (рис. 1.1) випливає, що для одержання свинцю вихідний матеріал повинен послідовно пройти стадію агломерувального випалу для перетворення сульфідів свинцю в оксиди і порошкоподібного вихідного матеріалу в агломерат. На стадії випалу, як це випливає зі схеми, вирішується завдання не тільки перетворення з'єднань свинцю, але й добування з вихідного матеріалу сірки у вигляді сірчаного ангідриду, який використовується для виробництва сірчаної кислоти.

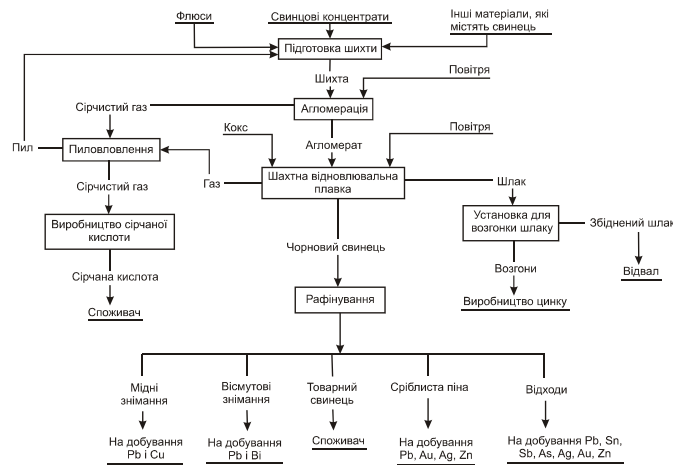


Рисунок 1.1 – Принципова схема переробки сульфідних свинцевих концентратів

Друга стадія відновна плавка, служить не тільки для одержання чорнового свинцю в результаті відновлення його оксидів, але й для виготовлення матеріалів, що використовують для виробництва металевого цинку.

На третій стадії в процесі рафінування свинцю вирішуються завдання одержання як товарного свинцю, так і необхідних матеріалів для виробництва з них міді, вісмуту, олова, золота, срібла та інших елементів.