

Лекція 5. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ.

Кінцевим завданням металургійного виробництва є одержання металів з сировини, що переробляється, у вільному металевому стані або у вигляді хімічної сполуки. Для вирішення цього завдання використовуються металургійні процеси, що складаються з окремих технологічних операцій. Залежно від умов проведення усі металургійні процеси розділяють на групи: *піро-, гідро- і електрометалургійні*.

Пірометалургійні процеси.

Пірометалургійні процеси протікають при високій температурі, найчастіше з повним і рідше з частковим розплавленням початкового матеріалу. Ці процеси за характером поведінки компонентів, що беруть участь в них, температурним умовам і виду кінцевих продуктів ділять на три групи: *випал, плавка і дистиляція*.

Види випалу.

Випал – це пірометалургійний процес, який протікає при відносно високих температурах (від 500 до 1300 °С). В деяких випадках не відбувається навіть часткового розплавлення початкового матеріалу. При випалі вирішується завдання отримання таких хімічних сполук основного металу і такого фізичного стану матеріалу, які зручні для наступних переділів.

Головний продукт випалу називається *огарком*. За складом кінцевого продукту (огарку) і виду газоподібного реагенту розрізняють наступні види випалу:

а) *Кальцинуючий випал* (або прожарення) призначено для термічного розкладання нестійких хімічних сполук (найчастіше, гідроксидів і карбонатів) шляхом нагріву їх до певної температури.

б) *Окислювальний випал* сульфідних руд і концентратів. Мета його - переведення сульфідів металів в оксиди обробкою їх киснем повітря при підвищеній температурі. Застосовується для випалу сульфідних концентратів міді, цинку, молібдену, нікелю.

в) *Відновний випал* застосовують для перетворення вищих оксидів металів на нижчі або в метали обробкою початкового матеріалу різними відновниками.

г) *Хлоруючий випал* (або хлорування) проводять з метою переведення сульфідів або оксидів металів в хлориди обробкою початкового матеріалу при підвищеній температурі (950...1000 °С) хлором або його сполуками.

д) *Фторуючий випал* (або фторування) призначено для переведення оксидів металів у фториди обробкою початкового матеріалу при підвищеній температурі фтором або його сполуками.

Види плавок.

Плавка – пірометалургійний процес, що проводиться при високих температурах які забезпечують повне розплавлення матеріалу, що переробляється. У цих процесах початкові тверді речовини реагують між собою і з газоподібною фазою, даючи суму рідких фаз і змінену газоподібну фазу. Рідкі фази, що утворилися, мають малу взаємну розчинність і тому розділяються по щільності.

Розрізняють два різновиди металургійних плавок: *рудні і рафінувальні*.

Рудні плавки – це процеси, в яких високотемпературній обробці піддають такі початкові матеріали, як руда або концентрат. По характеру основних хімічних процесів, що протікають рудні плавки ділять на наступні види:

а) *Відновна плавка* – найстаріший спосіб одержання металів з руд. Суть її полягає у відновленні оксидних сполук металу руди вуглецевими відновниками і переведення порожньої породи у шлак.

б) *Окислювальна (концентраційна) плавка*, метою якої є одержання штейну (а не металу у вільному виді) при переробці сульфідної сировини.

в) *Металотермічна плавка* використовується при одержанні важко-відновлюваних рідкісних металів, схильних у разі застосування вуглецевих відновників до утворення карбідів.

г) *Реакційна плавка* заснована на взаємодії розплавлених сульфідів і оксидів одного й того ж металу.

Рафінувальні плавки. Очищення металевих розплавів від різного роду домішок (металевих, неметалічних твердих і газоподібних) можна здійснити як за допомогою окремих операцій (рафінування в ковші під час переливання металу), так і проводячи спеціальні рафінувальні процеси.

У рафінувальних плавках використовуються відмінності у фізико-хімічних властивостях металу, що рафінують і домішок, різна їх поведінка при якій-небудь дії на систему "метал-домішка". У металургійній практиці зустрічається декілька різновидів рафінувальних плавок:

а) *Окислювальне рафінування* засноване на видаленні з розплаву домішок, що мають більшу спорідненість до кисню в порівнянні з основним металом. Частина домішок, оксиди яких мають високий тиск пари при температурі процесу, частково або повністю переходить в газову фазу. Інша частина домішок переходить в шлак.

б) *Відновне рафінування (або розкислювання) металу* полягає у видаленні розчиненого в металі кисню за допомогою відновника.

в) *Ліквіційне рафінування* засноване на утворенні і розподілі за щільністю двох фаз, з якої основна по кількості є металом, що рафінують.

Домішка ж концентрується в іншій (рідкій або твердій) фазі, що не розчиняється в основному металі.

г) *Сульфідуюче* рафінування використовується для очищення металів від домішок, що мають підвищену спорідненість до сірки. При цьому в початковій однофазній системі утворюються дві різні за властивостями фази – металева і сульфідна.

д) *Рафінування* флюсами або синтетичними шлаками може здійснюватися як в основному агрегаті, так і в ковші. Застосовується в кольоровій металургії при очищенні основного металу від металевих домішок.

е) *Рафінування* продуванням газами відноситься до методів позапічної обробки металевих розплавів. У якості газів, що рафінують від металевих домішок, можуть використовуватися нейтральні (азот, аргон) і активні гази (хлор, фториди, хлорне рафінування).

ж) *Вакуумне* рафінування засноване на тій особливості, що при створенні розрідження парціальний тиск газів над розплавом стає менше тиску розчинених в металі газів і вони виділяються з розплаву у вигляді бульбашок.

з) *Кристалофізичне* рафінування застосовують для отримання металів особливо високої чистоти і в металургії напівпровідників. Засновано на різних властивостях домішки в рідкому і твердому стані. Коли коефіцієнт розподілу домішки менше одиниці, домішка відтісняється в рідку фазу, і, навпаки, в тверду, коли коефіцієнт розподілу домішки більше одиниці.

Дистиляція.

Дистиляція – це процес випару (сублімації) речовини при температурі, що декілька перевищує точку його кипіння, який дозволяє розділяти компоненти оброблюваного металу залежно від їх летючості. Дистиляція може застосовуватися як для переробки рудної сировини, так і для рафінування металів.

Дистиляційне рафінування використовують для видалення легко-летючих домішок з основного, менш леткого металу. Одноразова дистиляція дає добрі результати у тому випадку, коли різниця в тисках пари обох металів – велика величина.

Ректифікацією називається такий спосіб розподілу двох компонентів, коли перегонку проводять у формі безперервного протитечійного процесу, в якому операції випару і конденсації окремих фаз (фракцій) багаторазово повторюються.

Ректифікація дозволяє розділяти компоненти з дуже близькими температурами кипіння і отримувати метали високої чистоти.

Гідрометалургійні процеси.

Гідрометалургійні процеси знаходять застосування при виробництві багатьох кольорових металів. Вони проводяться при відносно низьких температурах (не вище 300 °С) в рідкому, частіше водному, середовищі на поверхні зіткнення твердої і рідкої фаз. Основними стадіями гідрометалургійного процесу є *вилуговування, очищення розчинів і осадження металів з розчинів.*

Вилуговування.

Вилуговування – процес переведення витягування компонентів в розчин дією на матеріал, що переробляється, розчинника, часто у присутності газового реагенту – кисню, водню та ін.

В результаті вилуговування отримують два продукти: *розчин металу*, що витягують, зазвичай забруднений домішками та *нерозчинений осад* (кек), що складається, в основному, з компонентів порожньої породи і важкорозчинних сполук. У якості розчинників використовують воду і водні розчини кислот, лугів або солей.

Залежно від характеру фізико-хімічних процесів, що протікають при вилуговуванні, розрізняють *просте розчинення і вилуговування з хімічною реакцією.*

Просте розчинення не супроводжується хімічною реакцією. Метал витягається в розчин у складі сполуки, яка була присутня в початковому матеріалі.

При *вилуговуванні з хімічною реакцією* метал з малорозчинної сполуки в сировині переходить в добре розчинну форму, можуть протікати реакції між оксидами і кислотами або лугами, обмінні або окислювально-відновні реакції.

Розрізняють наступні види вилуговування: *агітаційне, перколяція, купчасте, підземне, бактеріальне* та інші.

Очищення розчинів від домішок і осадження металів з розчинів.

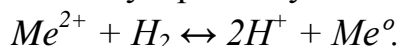
Осадження металів з розчинів з метою виділення основного металу у вільному стані або у вигляді хімічної сполуки, а також очищення розчинів від домішок може здійснюватися одним з наступних способів :

- а) електроекстракція;
- б) цементация;
- в) осадження металів відновленням воднем;
- г) кристалізація;
- д) гідроліз;
- е) утворення малорозчинних хімічних сполук;
- ж) екстракція і іонний обмін.

Для витягання металів з розчинів у вільному стані найчастіше використовують електроекстракцію, цементацію і автоклавне осадження газами-відновниками.

Цементацією – називають окислювально-відновлювальний процес, що супроводжується іонізацією та розчиненням металу, який є більш електронегативним, а також осадженням з розчину в еквівалентній кількості металу, який є більш електропозитивним. Для осадження з розчину якогось металу необхідно до нього ввести так званий метал-цементатор, який повинний бути більш електронегативним, чим метал, що осаджують.

Осадження металів відновленням воднем можна представити у вигляді наступної реакції витіснення металу з розчину в іонній формі:



У промисловій практиці цей процес реалізується у *автоклавах* при підвищеному тиску і температур, використовують для осадження міді, нікелю, кобальту. Відмітними особливостями процесу є велика швидкість і отримання металу в порошкоподібному виді.

Кристалізація з розчину – це перехід речовини з рідкого стану в тверду кристалічну фазу. У гідрометалургії кристалізацію використовують: для виділення металів з розчинів у вигляді чистих солей, для розподілу близьких за властивостями елементів шляхом дробової кристалізації солей з різною розчинністю, для очищення розчинів від домішок і отримання побічних продуктів виробництва.

Гідроліз – це розкладання речовини водою. Гідролітичне осадження - це взаємодія іонів солі, що знаходиться в розчині, з іонами води, в результаті якого утворюється мало диссоційована речовина, що випадає в осад.

Хімічні способи осадження металів засновані на утворенні нових малорозчинних хімічних сполук. Одним з хімічних способів є осадження металів у вигляді сульфідів. Сульфіди важких кольорових металів відносяться до край важкорозчинних сполук, що створює передумови для повного осадження важких металів з розчинів у вигляді сульфідів.

Екстракція застосовується для виборчого витягання металів з бідних розчинів з наступним отриманням багатших розчинів, розподілу близьких за властивостями металів, очищення розчинів від домішок. Екстракція (або екстрагування) – процес витягання розчинених хімічних сполук металів з водного розчину в рідку органічну фазу, що не змішується з водою.

Іонообмінні процеси засновані на здатності деяких твердих речовин (іонітів) при контакті з розчинами поглинати іони з розчину в обмін на іони того ж знаку, що входять до складу іоніту. Як іоніти найчастіше

використовують синтетичні високомолекулярні речовини (смоли). Ці смоли мають високу обмінну місткість (іонообмінну здатність), хімічну стійкість і механічну міцність. За знаком заряду іонів, що обмінюються, розрізняють катіоніти і аніоніти. Існують також амфотерні іоніти – амфоліти, що здатні одночасно здійснювати катіонний і аніонний обмін.

Електрометалургійні процеси

До *електрометалургійних* відносяться процеси одержання металів і сплавів, для протікання яких використовується електричний струм. Ці процеси можна розділити на дві різні групи: *електрохімічні і електротермічні*.

До *електрохімічних* відносяться процеси одержання металів з електролітів за допомогою постійного електричного струму. У них електричний струм, окрім основного призначення – відновлення металів, може використовуватися для нагріву електроліту.

У *електротермічних* процесах змінний або постійний струм застосовується для плавлення металів.

Електрохімічні процеси за призначенням розділяють на електролітичне осадження (або електроекстракцію) і електролітичне рафінування – очищення чорнових металів від домішок. Обидва види процесів мають загальну назву – електроліз, підкоряються загальним законам і виконуються як у водних розчинах, так і в середовищі розплавлених солей.

Електролітичним осадженням називається процес електролізу з виділенням металу на катоді і використанням нерозчинного (свинцевого, вугільного та ін.) аноду.

Електролітичне рафінування полягає в анодному розчиненні чорного металу і осадженні на катоді чистого металу. Тобто, електроліз йде з розчинним анодом, метал якого переходить в електроліт а потім осаджується з розчину на катоді.

Електротермічні процеси в металургії часто називаються "електрометалургійними" і застосовують у виробництві якісних і особливих сталей, феросплавів і кольорових металів. Електротермія (від електро. і греч. *thérme* – жар, тепло), – прикладна наука про процеси перетворення електричної енергії в теплову.

Застосування електричної енергії для теплогенерації забезпечує можливість концентрації великої енергії в малих об'ємах, слідством чого можуть бути високі температури, недосяжні при інших способах теплогенерації; великі швидкості нагріву і компактність електротермічних установок.