

Лекція 2. ЗБАГАЧЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОЇ СИРОВИНИ.

Руди і мінерали.

Усі природні утворення земної кори, що виникли під впливом різних геологічних процесів відносять до гірських порід. Серед природних утворень (в т.ч. і гірських порід) виділяють корисні копалини - руди, вугілля, торф, нафту, кварц, вапняк, природний газ та ін.

Основною сировиною для отримання металів є руди.

Рудою називається гірська порода, з якої при цьому рівні розвитку техніки економічно вигідно можна витягати метали в товарну продукцію. Тобто, поняття "руда" має геологічний, технічний і економічний сенс.

Мінімальний вміст основного металу в руді, що дозволяє піддавати руду металургійній переробці, називається рентабельним мінімумом. Його величина залежить від умов залягання руди, ступеня освоєності району родовища, рівня розвитку техніки, наявності в руді цінних компонентів-супутників, можливості збагачення руди і інших чинників.

Рентабельний мінімум вмісту металу у руді постійно знижується. Наприклад, якщо у кінці XIX століття до категорії мідних руд відносили гірські породи із вмістом міді не менше 1,5 %, то зараз ця величина знизилася до 0,4...0,5 %.

У промислових бокситах (рудах алюмінію) масова частка глинозему Al_2O_3 має бути не менше 28 %.

Витрата руд на одиницю товарної продукції у зв'язку з відносно низьким вмістом у сировині металів надзвичайно велика. Чим сировина, що переробляється, є біднішою, тим більше витрата руди у металургійному виробництві. Наприклад, для отримання 1 тони алюмінію - 5...10 т бокситу, 1 тони міді - 200 т мідної руди, а щоб отримати 1 кг золота - 7000 тон золотої руди.

Руди утворюють в земній корі природні скупчення, які називаються родовищами. Вміст металів у родовищах значно вище їх середнього вмісту в земній корі, званого *кларковим числом* або *кларком*.

Порівнюючи середній вміст металів в рудах з їх кларком, легко переконатися, що рудні родовища зустрічаються нечасто.

За розрахунками А. П. Виноградова, найпоширеніші в природі елементи - кисень (49,5%) і кремній (25,8%), а найпоширеніші метали - алюміній (7,57%) і залізо (4,70%), кальцій (3,38%), натрій (2,63%), калій (2,41%) і магній (1,95%). Цинку в земній корі 0,02%, міді - 0,01%, вольфраму - $7 \cdot 10^{-3}\%$, урану - $5 \cdot 10^{-4}\%$ золота - $5 \cdot 10^{-7}\%$, ренію - $1 \cdot 10^{-7}\%$. Найрідше зустрічаються в природі полоній і актиній ($\sim 10^{-15} \%$).

Руди класифікують за рядом ознак.

Руди, з яких на практиці витягують тільки один метал, називаються простими або *монометалічними*. Умовно прикладом таких руд можуть служити тільки деякі сорти залізняку.

Усі руди кольорових металів є *поліметалічними* (або комплексними) і містять як мінімум два метали, що витягують. Найбільш складними за складом є мідно-нікелеві і мідно-свинцево-цинкові руди, з яких витягають до 17 цінних елементів.

Руди, як і інші гірські породи, складаються з мінералів - природних хімічних сполук. Мінерали, з яких витягають метали, називають рудними, інші - порожньою породою. Зазвичай мінералами порожньої породи є кварц, польові шпати, карбонати.

За хімічним складом руди ділять на основні групи:

- *сульфідні* (руди міді, нікелю, цинку, свинцю, молібдену та ін.);
- *окислені* (залізні, марганцеві, алюмінієві, вольфрамові, олов'яні та інші руди);
- *самородні* (руди золота, срібла, міді, платини, вісмуту і ртуті);
- *змішані* (різні поєднання перших трьох типів).
- *хлоридні* (магній, натрій і інші легкі і рідкісні метали).

Збагачення руд.

Завдання і продукти збагачення.

При зниженні вмісту металу в руді металургійна переробка її може стати нерентабельною. Тому руди зазвичай збагачують, тобто штучно підвищують вміст металів у сировині, що поступає на металургійну переробку. У разі переробки поліметалічної руди заздалегідь розділяють цінні метали.

Збагаченням називається сукупність методів первинної обробки руд для розподілу мінералів один від одного, заснована на різниці в їх фізичних і (чи) хімічних властивостях. При збагаченні вирішуються наступні основні завдання:

- відділення усіх корисних мінералів від порожньої породи з метою підвищення вмісту металів в сировині;
- виділення кожного металу в окремий продукт, придатний для самостійної металургійної переробки.

У зв'язку з цим можливі два різновиди процесу збагачення руди.

Коли цінні компоненти руди залишаються в збагаченому продукті спільно, то такий метод називається *колективним*, а коли метали виділяються в різні продукти - *селективним збагаченням*.

При збагаченні також може вирішуватися завдання видалення шкідливих домішок.

Збагачення руд дозволяє підвищити вміст металу в десятки і сотні разів в порівнянні із здобутими рудами.

Збагачення руд здійснюється методами механічної обробки, які не пов'язані з хімічними перетвореннями речовини. Хімічний склад мінералів при цьому залишається незмінним; змінюються лише кількісні співвідношення між вмістом цінних мінералів і порожньої породи в початковій сировині та продуктах збагачення.

В результаті збагачення отримують наступні продукти:

- концентрат (один або декілька);
- відвальні хвости;
- проміжні продукти.

Концентрат - головний продукт збагачення, що містить значно більше цінного компонента в порівнянні з рудою і призначений для подальшої металургійної переробки.

Концентрати називають по основному металу, що входить до їх складу (наприклад свинцевий, мідний і так далі), або по основному мінералу (наприклад, магнетитовий, ільменітовий, піритовий, нефеліновий і так далі). Концентрат, що містить приблизно рівні кількості декількох металів і використовується для витягання кожного з цих металів, називають колективним.

Хвостами називають відходи процесу збагачення, мінерали порожньої породи, що містять головним чином, і незначна (залишкове) кількість корисного компонента, яку не вдалося витягнути в концентрат із-за зростків мінералів.

Проміжними продуктами (промпродуктами) називають такі, що містять корисних компонентів менше, ніж в концентраті, і більше, ніж в хвостах і руді. Промпродукти повинні піддаватися повторному збагаченню або спеціальній переробці.

Процес збагачення складається з *підготовки руди до збагачення*, власне збагачення і *підготовки концентрату* до металургійної переробки.

Показники збагачення.

Ефективність процесу збагачення і його кінцеві результати характеризуються такими технологічними показниками: вміст компонентів в початковому живленні і продуктах збагачення, вихід продуктів збагачення, міра збагачення, витягування цінних компонентів в продукти збагачення.

Матеріал, який поступає на обробку в будь-який апарат збагачувальної технології, називається початковим матеріалом або *живленням*. Ефективність процесу збагачення і його кінцеві результати характеризуються такими технологічними показниками: вміст компонентів в початковому живленні і продуктах збагачення, вихід продуктів збагачення, міра збагачення, витягування цінних компонентів в продукти збагачення.

Вмістом компонента називається відношення маси компонента до загальної маси матеріалу, в якому він знаходиться. Вміст компонентів зазвичай виражають у відсотках або в грамах на тону. Склад матеріалу і вміст в нім окремих компонентів визначають хімічним аналізом.

Вміст металів в руді і продуктах збагачення прийнято означати: α - в початковій руді; β - в концентраті; ν - у хвостах.

Виходом продукту γ називають відношення його маси до маси початкової руди :

$$\gamma = (m_k / m_p) \cdot 100 \%$$

де m_k і m_p – маси концентрату і руди, відповідно.

Величину, зворотню γ , називають мірою скорочення і означають R . Сума виходів продуктів збагачення рівна 100 %.

Мірою збагачення або концентрації (K_o) називають відношення вмісту компоненту в концентраті (β) до вмісту компоненту в початковій сировині (a):

$$K_o = \beta/a.$$

Ця величина показує, у скільки разів концентрат багатше початкової руди за цінним компонентом.

Витягуванням корисного компоненту (ε) називають відношення його маси в продукті збагачення (m_k^n) до його маси в початковій руді (m_k^p), зазвичай виражають у відсотках і обчислюють за рівнянням:

$$\varepsilon = (m_k^n / m_k^p) \cdot 100 \%$$

Витягування цінного компоненту показує наскільки повно він перейшов у в концентрат з руди.

Перехід частини того ж компоненту у хвості показує долю його втрат у відходах процесу збагачення.

Методи збагачення руд.

Широко вживаними в металургії методами збагачення є гравітація, флотація, магнітна і електрична сепарація.

Гравітаційні методи збагачення засновані на відмінності щільності, розмірів і форм мінералів та різної швидкості і характеру руху їх в якому-

небудь середовищі під дією сили тяжіння і сил опору. Розподіл мінералів за щільністю можна виробляти у воді, повітрі і важких середовищах.

Ці методи ефективні при збагаченні руд з помітною різницею в щільності мінералів, що розділяються, і з приблизно однаковою крупністю часток подрібненої руди.

Основними способами мокрого гравітаційного збагачення є відсадження, сепарація на концентраційних столах і збагачення за допомогою шлюзів.

Відсадження засноване на використанні різниці в швидкостях падіння часток різної маси у вертикальному струмені води.

Розподіл мінеральних часток *на концентраційних столах* відбувається за рахунок особливостей руху зерен в потоці води, рухомої по похилій площині.

Збагачення в шлюзі, що є похилим жолобом з бортами, засноване на відмінності у характері руху часток з різною масою під впливом змиваючої дії на них струменю води.

Суть збагачення у *важких середовищах* полягає в тому, що якщо суміш двох мінералів помістити в середу з проміжною щільністю, то початкова суміш розділиться на два шари: легкий мінерал спливе, а важкий потоне.

Важкі середовища – це, зазвичай, механічна суспензія у воді твердих часток великої щільності (феросиліцій, магнетит, галеніт).

Флотація (від франц. *Flotter* - плавати) – процес розподілу дрібних часток мінералів, заснований на різній змочуваності водою.

Суть флотації полягає у виборчому прилипанні деяких мінеральних часток, зважених у водному середовищі, до поверхні бульбашок повітря, за допомогою яких ці мінеральні частки піднімаються на поверхню. Через пульпу пропускають бульбашки повітря. Внаслідок різної змочуваності частки мінералів, які погано змочуються водою, прикріплюються до бульбашок повітря і, піднімаючись з ними на поверхню, утворюють мінералізовану піну. Добре змочувані водою мінерали, залишаються в пульпі.

Це один з основних методів збагачення корисних копалини, застосовується також для очищення води, розподілу сумішей, прискорення відстоювання в різних галузях промисловості. Цим методом нині збагачують більше 90 % руд кольорових металів.

Магнітне збагачення (сепарація) засноване на відмінності магнітної сприйнятливості мінералів, що розділяються. Воно проводиться при накладенні сильного магнітного поля, що створюється постійними магнітами із спеціальних сплавів або електромагнітами.

При русі потоку подрібненої руди в магнітному полі частки з різними магнітними властивостями переміщуються по різних траєкторіях, що дозволяє відділяти магнітні частки в один продукт (магнітний), а немагнітні - в іншій.

Електричні (електростатичні) методи збагачення засновані на відмінності в поведінці заряджених часток в електричному полі, дія якого зводиться до зміни траєкторії руху часток в ній залежно від їх електропровідності.

Зарядка мінеральних часток може відбуватися під дією самого електричного поля, при їх зіткненні із зарядженим електродом, в результаті тертя часток об інші тіла і деякими іншими способами. При електризації частки з більшою електричною провідністю отримують більший однойменний з електродом заряд і відштовхуються від нього, а погані провідники струму (діелектрики) майже не заряджаються і практично не змінюють шлях руху в сепараторові.

Електрична сепарація застосовується в схемах доведення колективних титано-цирконієвих, олов'яних, вольфрамових і тантало-ниобієвих концентратів, при збагаченні руд рідкоземельних металів і торія, кварцевої, полевошпатової сировини, фосфатних і калійних солей. Із загального числа операцій доведення електрична сепарація зазвичай складає 40...70 %.

Застосування збагачення рудної сировини перед металургійним переділом забезпечує:

- підвищення комплексності використання початкової сировини за рахунок виділення цінних компонентів в окремі концентрати;
- здешевлення вартості наступних металургійних операцій і зниження собівартість отримуваних металів;
- переробку бідних руд, непридатних для прямої металургійної переробки.