

ВИРОБНИЦТВО КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Виробництво міді

Для виробництва міді використовують мідні руди з вмістом міді 1...6%. В рудах мідь знаходиться в вигляді сірчистих сполук (Cu_2S , CuS , CuFeS_2), оксидів (Cu_2O , CuO), гідрокарбонатів [$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$].

Пуста порода складається з піриту FeS_2 , кварцу SiO_2 , карбонатів магнію і кальцію (MgCO_3 , CaCO_3), оксидів різних металів (Al_2O_3 , CaO , MgO , FeO).

Руди поділяються на сульфідні і окислені. В сульфідних рудах міститься: 1...6%Cu; 1...6% Zn; 8...40% Fe; 9...46% S; 5...55% SiO_2 ; 2...12% Al_2O_3 ; 0,3...4,0% CaO; 0,3...1,5% MgO.

А в окислених рудах міститься: $\approx 2,0\%$ Cu; $\approx 1,0\%$ Fe; 0,1...0,2% S; 60...68% SiO_2 ; 10...16% Al_2O_3 ; 0,3...0,7% CaO; 0,3...0,7% MgO.

Найбільше промислове значення мають сульфідні руди, із яких виготовляють $\approx 80\%$ міді. Основним методом одержання міді є пірометалургійний метод. Ним добувають більше 90% відсотків міді.

Технологічний процес виробництва міді пірометалургійним методом включає такі основні етапи: збагачення мідних руд (виробництво концентрату); плавлення концентрату з одержанням напівпродукту – *штейну*; виплавку зі штейну чорної міді, її рафінування, тобто очистку від домішок.

Збагачення мідних руд проводять методом флотації, суть якого полягає в різному змочуванні водою частинок пустої породи й мінералу, що містить мідь. Пуста порода змочується водою й осідає на дно флотаційної машини, а частки корисного мінералу не змочуються, прилипають до бульбашок повітря і піднімаються на поверхню, утворюючи шар піни. З піни фільтрують частки руди, сушать і отримують рудний концентрат з вмістом: міді – 10...35%; сірки – 40...50%; заліза – 30...35% і пустої породи, головними складовими якої є SiO_2 , Al_2O_3 і CaO.

Бідний концентрат з вмістом міді 8...25% піддають *випалюванню*, а багатий концентрат (25...35% Cu) плавлять без випалювання. Випалюють концентрат у печах різної конструкції. Джерелом тепла є горіння сірки сульфідів Cu_2S , CuS , що забезпечує температуру в печах до 850°C . Сірчистий газ SO_2 , який утворюється при горінні, використовується для виробництва сірчаної кислоти.

Плавлення на штейн. Виплавлений або багатий «сирий» концентрат плавлять на штейн переважно в полумєневих печах, які працюють на пилоподібному, рідкому або газоподібному паливі. Такі печі мають довжину до 40м, ширину до 10 м, площу полу до 250 m^2 і вміщують 100 т і більше шихтових матеріалів. В робочому просторі печі температура досягає $1500...1600^\circ\text{C}$. В результаті плавки в печі поступово накопичується штейн – сплав, який складається в основному з сульфїду міді Cu_2S і сульфїду заліза FeS . Він містить : 20...60%Cu; 10...60%Fe і 20...25%S. Крім штейну в печах утворюється шлак, який складається з SiO_2 , FeO , CaO , Al_2O_3 . В розплавленому стані ($T_{\text{пл}} = 950...1050^\circ\text{C}$) штейн подається на конвертування для переробки в чорнову мідь. Рідкий

шлак випускають з печі у відвал.

Конвертування штейну здійснюється в горизонтальних циліндричних конверторах довжиною 6...10 м і діаметром 3...4 м. По твірній поверхні конвертора розташовані фурми для вдування повітря. Заливання штейну в конвертор, завантаження флюсу й розливання продуктів плавки здійснюється через горловину, розташовану в середній частині корпусу конвертора.

Продувка штейну повітрям триває до 30 год. Витрати повітря до $800 \text{ м}^3/\text{хв}$. В результаті плавлення в конверторі утворюється чорнова мідь з вмістом міді 98,4...99,4% (решта – домішки Fe, Ni, Pb, Sn, Ag, Au та ін.) і конверторний шлак, який містить: 22...30%SiO₂; 45...70%FeO; біля 3%Al₂O₃ і 1,5...2,5%Cu. Мідь розливають у сталеві виливниці на виливки і подають на рафінування.

Рафінування міді – це її очистка від домішок.

Після рафінування чистота міді становить 99,5...99,95.

Виробництво алюмінію

За розміром виробництва алюміній зараз займає друге місце після заліза і перше серед усіх кольорових металів це широко розповсюджений у природі метал (8,8% за масою). Маючи високу хімічну спорідненість з киснем, алюміній у чистому вигляді в природі не зустрічається, з тієї ж причини він не може бути відновлений з його оксиду Al₂O₃ таким елементом, як карбон. Тому алюміній став відомим людству порівняно недавно. Лише в 1825 р. були одержані зразки відносно чистого алюмінію, а сучасний промисловий спосіб виробництва алюмінію був розроблений в 1886 р.

Найважливішими алюмінієвими рудами є боксити, нефеліни, алуніти. Основна руда – боксити, складні гірничі породи, які містять до 40 хімічних елементів. Основним показником, що визначає якість алюмінієвих руд, є вміст оксиду алюмінію – глинозему Al₂O₃. В бокситах вміст глинозему складає 30...70%, кремнезему SiO₂ – 0,5...20% (чим нижчий, тим вища якість бокситів), оксиду заліза – 2...50%, оксиду титану – 0,01...10%.

В меншій мірі при виробництві алюмінію використовують нефеліни (K,Na)₂O·Al₂O₃·2SiO₂ і алуніти K₂SO₄·Al₂(SO₄)₃·4Al(OH)₃. В цих рудах вміст глинозему невеликий (20...30%).

Іншим необхідним компонентом при виробництві алюмінію є криоліт (Na₃AlF₆). У природі в чистому вигляді він майже не зустрічається. Як правило, його виготовляють штучно з вихідної сировини – плавикового шпату (флюориту) CaF₂. Після збагачення отримують концентрат з необхідним для виробництва криоліту властивостями і вмістом CaF₂ не менше 95%.

Сучасне виробництво алюмінію складається з трьох основних процесів:

- одержання глинозему Al₂O₃ з бокситів;
- одержання криоліту з плавикового шпату;
- одержання металевого алюмінію шляхом електролізу розплавленого глинозему.

Алюміній одержують електролізом глинозему, розчиненому в розплавленому криоліті в *електролізері*.

Ванна має сталевий кожух футерований вогнетривким шаром і вуглецевими блоками. До блоків поду (дна) ванни підведені катодні шини і, таким чином, сам корпус

ванни служить катодним пристроєм установки. Анодний пристрій складається з вугільного електрода, нижня частина якого занурена в електроліт (розплав), який складається з глинозему (8...10%) і кріоліту.

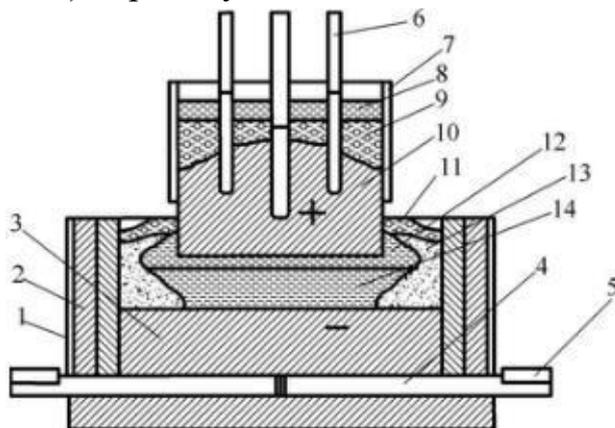
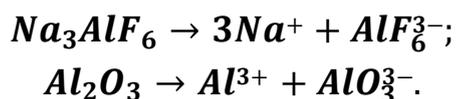


Схема електролізера для виробництва алюмінію:

1 – кожух; 2 – футерівка з шамоту; 3 – футерівка з вуглецевих блоків; 4 – катодний сталевий стержень; 5 – катодна шина; 6 – сталеві штирі для підведення струму до анода; 7 – кожух анода; 8 – анодна маса(напіврідка); 9 – зона спікання анодної маси; 10 – твердий анод; 11 – глинозем; 12 – розплавлений електроліт; 13 – шар застиглого електроліту; 14 – розплавлений алюміній

Ванна має сталевий кожух футерований вогнетривким шаром і вуглецевими блоками. До блоків поду (дна) ванни підведені катодні шини і, таким чином, сам корпус ванни служить катодним пристроєм установки. Анодний пристрій складається з вугільного електрода, нижня частина якого занурена в електроліт (розплав), який складається з глинозему (8...10%) і кріоліту. Електроліт нагрівається до температури 930...950°C теплом, що виділяється при проходженні електричного струму між анодом і катодом. При електролізі анод поступово згоряє і його переміщують вниз. Для безперервного нарощування електрода в його кожух подається напіврідка анодна маса, яка складається з молотого коксу (вугілля) і кам'яновугільної смоли. З опусканням вниз вона спікається й коксується. Струм подається постійний, напруга 4...4,5 В, сила струму біля 75 кА.

При електролізі в розплавленому електроліті відбувається дисоціація молекул кріоліту й глинозему:



На катоді розряжаються тільки катіони алюмінію: $Al^{3+} + 3e \rightarrow Al$ і, таким чином, для одержання металевого алюмінію практично витрачається лише глинозем його періодично довантажують у ванну.

Розплавлений алюміній поступово накопичується на дні ванни і періодично видаляється за допомогою сифонів і вакуумних ковшів. Одержаний електролізом первинний алюміній містить домішки (залізо, кремній, частки глинозему, тощо), які погіршують його властивості.

Первинний алюміній рафінують, продуваючи його при температурі 700...750°C газоподібним хлором протягом 10...15 хв. Хлористий алюміній $AlCl_3$, виділяючись із металу в стані пари, забезпечення очищення металу від газів і домішок. Цьому сприяє також відстоювання розплавленого алюмінію в ковші або в електричній печі при 690...750°C протягом 30...45 хв. Після такої очистки чистота алюмінію становить 99,85%.

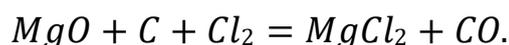
Після електролітичного рафінування одержують алюміній чистотою 99,999%.

Виробництво магнію

1. *Карналіт* - подвійний хлорид магнію й кальцію $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$.
2. *Магнезит* – карбонат магнію $MgCO_3$.
3. *Доломіт* – подвійний карбонат магнію й кальцію $MgCO_3 \cdot CaCO_3$.
4. *Бішофіт* – хлорид магнію $MgCl_2 \cdot 6H_2O$.

Процес електролізу ведуть із розплавлених солей магнію. Основною складовою електроліту є хлористий магній.

Його одержують хлоруванням оксиду магнію в присутності вуглецю при 800...900°C:



Розплавлений хлористий магній подається на електроліз, який проводять в електролізерах з шамотною футерівкою, в верхній частині якого є діафрагми – перегородки, що розділяють анодний і катодний простори для запобігання взаємодії хлору і магнію, які спливають, а також короткого замикання катода й анода розплавленим магнієм.

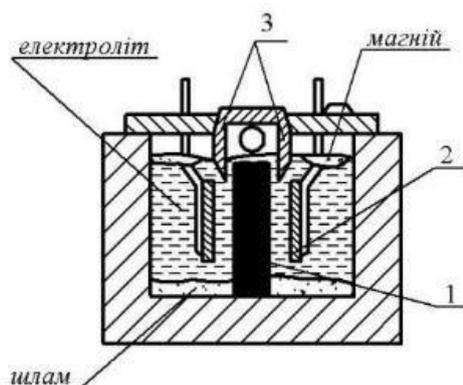


Схема магнієвого електролізера:

1 – графітовий електрод; 2 – сталеві катода; 3 – діафрагма-перегородка

Одержаний електролізом магній рафінують переплавною його із флюсами, до складу яких входять $MgCl_2$, KCl та інші компоненти.

Виробництво титану

До основних промислових мінералів для одержання титану відносяться *рутил* (більше 90% TiO_2) і *ільменіт* $TiO_2 \cdot FeO$ (60% TiO_2).

Найбільше розповсюдження одержав магнієтермічний спосіб виробництва титану, який протікає за наступною схемою: титанова руда \rightarrow збагачення \rightarrow плавка на титановий шлак \rightarrow одержання чотирьоххлористого титану \rightarrow відновлення титану магнієм.

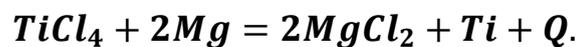
Збагачення титанових руд здійснюється електромагнітним та іншими способами з одержанням концентрату з вмістом до 50% TiO_2 і біля 35% Fe_2O_3 і FeO .

Плавку на *титановий шлак* проводять в електродугових печах. Шихтою є пресовані брикети з подрібненого концентрату, вугілля і скріплювача. В результаті одержують титановий шлак з вмістом TiO_2 до 80%. Його подрібнюють, піддають магнітній сепарації, змішують з дрібним коксом і скріплювачем, потім пресують у брикети, які випалюють при 700...800°C і піддають хлоруванню в електричних печах при температурі 800...850°C. При цьому утворюється *чотирьоххлористий титан* за реакцією:



$TiCl_4$ в пароподібному стані очищають від твердих часток, охолоджують у конденсаторах і одержують рідкий чотирихлористий титан.

Далі проводять процес відновлення титану магнієм за реакцією:



Ця реакція супроводжується виділенням великої кількості тепла і в реакторі підтримується необхідна температура 800...900°C. Частки відновленого титану злипаються в пористу масу (*титанова губка*), просочену магнієм і хлористим магнієм.

Рафінування титанової губки проводять методом вакуумної дистиляції при температурі 950...1000°C і вакуумі 0,133 Па. Очищену губку переплавляють в компактні виливки у вакуумних дугових електропечах із мідним водоохолоджуваним тиглем. Електрична дуга горить між електродом, виготовленим пресуванням подрібненої титанової губки і ванною розплавленого металу. Титановий електрод сам плавиться і тому його називають витратним.

Розплавлений метал поступово заповнює мідну водоохолоджувану виливницю, затвердіває і утворює виливок. Схема процесу аналогічна зображеній на рис. 4.1. Для забезпечення високої якості виливків плавку повторюють двічі. При повторній плавці витратним електродом є виливок, одержаний при першій плавці.

Титанові сплави виплавляють в електричних дугових печах. Шихтовими матеріалами є титанова губка і легуючі елементи. Із шихти пресуванням при температурі 280...330°C виготовляють витратний електрод. Плавку ведуть у вакуумі або атмосфері аргону в печах, аналогічних тим, що застосовуються для переплавлення титанової губки.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть мідні руди, їх характеристику та підготовку до плавки.
2. Наведіть загальну схему технологічного процесу виробництва міді.
3. Які сировинні матеріали для виробництва алюмінію ви знаєте?
4. В чому полягає суть процесу виробництва алюмінію?
5. Наведіть загальну схему технологічного процесу виробництва алюмінію.
6. Схема і принцип дії електролізера для виробництва алюмінію.
7. Що таке рафінування алюмінію?
8. Суть і схема виробництва магнію.
9. Які сировинні матеріали для виробництва магнію ви знаєте?
10. Які сировинні матеріали для виробництва титану ви знаєте?
11. Наведіть технологічну схему виробництва титану.