4.4. Виробництво алюмінію

4.4.1. Загальна характеристика

Алюмінієва промисловість – це галузь кольорової металургії, яка виробляє алюміній.

За обсягами виробництва (розпочате в кінці XIX ст.) алюміній сьогодні займає перше місце серед усіх кольорових металів. Алюміній має високу електро- і теплопровідність (поступаючись серед технічних металів лише сріблу і міді) і застосовується як провідниковий матеріал для деталей електричних пристроїв.

Поряд з основною продукцією (виливанці для переливання, зливки для гарячої обробки, катанки для переробки на дріт, а також алюмінієві порошки) підприємства алюмінієвої промисловості випускають кристалічний кремній, алюміно-кремнієві сплави (силуміни), содові продукти, мінеральні добрива, цемент, п'ятиокис ванадію, металевий галлій.

Алюмінієві деформівні сплави (дуралюміни та ін.) – важливі конструкційні матеріали в авіаційній та інших галузях техніки, алюмінієві ливарні сплави широко застосовують у машинобудуванні.

Внаслідок високої корозійної стійкості алюмінієві сплави використовують у хімічній та харчовій промисловості, для побутових виробів.

Алюміній – найбільш поширений метал у природі, він входить до складу більш як 250 мінералів. Найбільш важливі алюмінієві руди – боксити, нефеліни, алуніти. Основна руда – це боксити, складні гірські породи, що містять гідрати AlO(OH), $Al(OH)_3$ та ін. Вміст глинозему Al_2O_3 (в перерахунку з гідратів) становить від 30 до 70 %. Якість бокситів тим вища, чим менший у них вміст звичайного домішку – кремнезему SiO_2 (0,5-15 %).

Менше при виробництві алюмінію використовують нефеліни $(K, Na)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ та алуніти $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$.

Способи відновлення алюмінію безпосередньо з бокситів та інших руд ще не розроблені [17].

Сучасне виробництво алюмінію складається з двох основних процесів: отримання глинозему Al_2O_3 з бокситів та отримання металевого алюмінію шляхом електролізу розплавленого глинозему.

Глинозем отримують лужним, електротермічним та іншими способами. Найбільш поширеним є лужний спосіб, розроблений в кінці XIX ст. К.Г. Байєром.

Стадії технологічного процесу отримання глинозему:

- підготовка бокситу (подрібнення його);
- вилуження або варіння отриманої пульпи в автоклавах у присутності луги (NaOH) під тиском;
- розбавлення, згущення та фільтрація;
- викручення;
- кальцинація.

Існує також спосіб спікання та електротермічний.

Для отримання металевого алюмінію проводять електроліз глинозему в електролізерах – ваннах з різними пристроями анодної частини.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Але отриманий електролізом первинний алюміній містить домішки (залізо, кремній, частки глинозему та ін.), що погіршують його якості, і тому піддається рафінуванню.

Способи рафінування алюмінію:

- рафінування хлором;
- електролітичне рафінування (застосовують для отримання алюмінію більш високої чистоти);
- рафінування через субсполуки (вихід – також метал високої чистоти).

Потім алюміній розливають у чушки (невеликі зливки) масою 5-15 кг.

Технічно чистий алюміній має відносно невисоку температуру плавлення (657 °С), незначну міцність, низьку твердість, але дуже високу пластичність.

Через низьку міцність та незначну зміцнюваність при пластичній деформації в холодному стані технічно чистий алюміній як конструкційний матеріал використовують порівняно рідко. Загартований алюміній АТ має $\sigma_в = 150$ МПа при відносному видовженні 10 %. Однак у результаті сплавлення алюмінію з магнієм, міддю, цинком та деякими іншими елементами вдається отримати алюмінієві сплави високої міцності, малої густини, з добрими технологічними властивостями.

За технологічними ознаками алюмінієві сплави, як і інші металеві сплави, поділяють на деформівні та ливарні.

Деформівні алюмінієві сплави – високопластичні, жароміцні, здатні зварюватися, легко піддаються штампуванню, витяжці та іншим видам деформування.

Їх поділяють на незміцнювані та зміцнювані термічною обробкою.

Механічні властивості незміцнюваних термічною обробкою деформівних алюмінієвих сплавів поліпшують легуванням (міддю, магнієм, цинком, марганцем, кремнієм і хромом) і загартовуванням зміцнених термічною обробкою сплавів – легуванням, гартуванням і старінням (природним або штучним) та додатковим загартовуванням.

До деформівних належать сплави на основі систем Al-Mg, Al-Mg-Si (авіалі), Al-Mg-Si-Cu, Al-Cu-Mg-Mn (дуралюміни) тощо.

З таких сплавів виготовляють листи, плити, труби, профілі, дріт.

Ливарні алюмінієві сплави відзначаються рідкотекучістю, невисокою лінійною усадкою, не схильні до утворення раковин, тріщин тощо.

Основні легуючі елементи таких сплавів – кремній, мідь, марганець, титан, нікель і цирконій.

Найпоширеніші ливарні сплави – ті, що містять 4-13 % Si, іноді до 23 % Si (силуміни). З ливарних алюмінієвих сплавів виготовляють фасонне литво (у піщаних формах, кокілях, за виплавлюваними моделями, під тиском).

Алюмінієві сплави застосовують в авіаційній, суднобудівній, приладобудівній, автомобільній, електротехнічній та інших галузях промисловості, а також у будівництві [26].

Алюмінієва промисловість тісно пов’язана з іншими провідними галузями народного господарства (машинобудівна, хімічна, харчова та ін.).

У країнах СНД алюмінієву промисловість створено за роки довоєнних п’ятирічок. Її розвитку сприяли індустріалізація та електрифікація, відкриття багатьох родовищ сировини – бокситів, нефелінів, алунітів.

Алюмінієва промисловість потребує великої кількості електроенергії, що зумовлює розміщення заводів поблизу потужних електростанцій.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Найважливішими напрямами технічного прогресу в алюмінієвій промисловості є інтенсифікація технологічних процесів, створення ефективних конструкцій електролізерів з верхньою підводкою струму та попередньо обпаленими анодами, підвищення комплексності використання сировини, створення безвідходного виробництва, подальше використання АСУ, розширення асортименту напівфабрикатів з алюмінію та ін.

4.4.2. Основні показники та географія

Кольорова металургія світу виробляє близько 40 млн. т різних металів на рік. Це перш за все алюміній (17 млн. т), що знаходить найширше застосування у сучасному житті.

Алюмінієва промисловість представлена двома територіально розірваними галузями. Перша з них – отримання глинозему (окислу алюмінію), географія якого частково тяжіє до країн, що добувають боксити (вихідну сировину для виробництва алюмінію, табл. 4.4.1).

Щорічно в світі їх видобувають близько 60 млн. т. Родовища бокситів є приблизно у 40 країнах світу. Проте вони дуже нерівномірно розміщені на території планети. Найпотужніші ресурси мають Папуа-Нова Гвінея, Австралія, Бразилія, Камерун, Ямайка, Індія, Росія, Суринам, Китай, США, Греція, на які припадає 9/10 запасів світової сировини. Найбагатші родовища знаходяться в Гвінеї і республіці Суринам (до 34 %).

У країнах колишнього СРСР родовища алюмінієвих руд є на Уралі, в Казахстані, Західному Сибіру, Закавказзі, на Кольському півострові, в Архангельській області. В Україні – Приазов'я, Український щит, Закарпаття.

З бокситів одержують глинозем – сировину для виробництва алюмінію. Вихід глинозему становить приблизно 85 %, на отримання 1 т глинозему витрачається 2-2,5 т бокситів.

Основні країни по виробництву глинозему – Австралія, Росія, США, Україна, Ямайка.

Друга виробнича ланка виробництва алюмінію, більш енергоємна, тяжіє до джерел дешевої електроенергії (табл. 4.4.2).

В усіх цих країнах виробництво ведеться в районах великих ГЕС або у вузлах потужних теплових станцій.

На 1994 рік світове річне виробництво алюмінію та його сплавів коливалося в межах 23-24 млн. т.

Алюмінієві монополії – великі промислові об'єднання капіталістичних країн, на підприємства яких припадає основна частка (1975 – близько 80 %) виробництва і збуту первинного алюмінію в капіталістичному світі (табл. 4.4.3-4.4.5).

Алюмінієві монополії є комбінованими компаніями. Вони контролюють також видобування бокситів, значну частину виробництва електроенергії, виплавки вторинного алюмінію, реалізацію металу та прокату з нього.

Алюмінієві монополії в гонитві за джерелами сировини здійснюють економічну експлуатацію в багатьох регіонах світу, зокрема, в країнах, що розвиваються. "Алкан алюмініум", наприклад, видобував (на початок 70-х рр.) боксити в 11 і виплавляв алюміній в 32 країнах.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Таблиця 4.4.1
Частка країн світу у видобутку бокситів, %

Австралія	29
Гвінея	14
Ямайка	13
Росія	5
Суринам	5
Бразилія	5
Греція	4
Югославія	4
Гайана	3
Інші країни	18
Всього	100

Таблиця 4.4.2
Частка країн світу у виробництві алюмінію, %

США	38
Японія	12
Росія	11
Канада	7
ФРН	7
Норвегія	4
Франція	4
Італія	3
Великобританія	2
Інші країни	12
Всього	100

Таблиця 4.4.3
Найбільші алюмінієві монополії (1985 р.)

Монополії	Рік створення	Оборот по продажу, млн. дол.	Активи, млн. дол.
„Алюмініум компані оф Америка" (АЛКОА, США)	1888	2727	3198
„Алкан алюмініум" (Канада)	1928	2412	2958
„Рейнолдз металз" (США)	1928	1993	2324
„Кайзер алюмініум енд кемікал" (США)	1940	1736	2057
„Пешіне-Южін-Кюльман" (Франція)	1855	4624	5594
„Алюсюїсс" (Швейцарія)	1888	1725	2718
„Ніппон кіндзоку когю" (Японія)	1939	2199	1891
„Ферайнігте індустрі унтернемунген" (ФРН)	1917	1139	1583

Таблиця 4.4.4
Виробництво алюмінію в 1995 році (тис. т)

США	4118
Канада	961
ФРН	742,5
Японія	1188
Австралія	256

Таблиця 4.4.5
Річне виробництво алюмінію у світі, тис. т

1970	10119
1975	12251
1980	16075
1986	16206
1995	24658

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Географія вітчизняної алюмінієвої промисловості

Дніпровський алюмінієвий завод – первісток алюмінієвої промисловості в СРСР. Розташований у Запоріжжі, будівництво його розпочато у 1930 році за планом ГОЭЛРО *(рос.)* у складі Дніпровського алюмінієвого комбінату. Першу продукцію – алюмінієві зливки – одержано у 1933 році.

У 1934 р. Дніпровський алюмінієвий комбінат реорганізовано у Дніпровський алюмінієвий завод. У довоєнні роки він був найбільшим алюмінієвим підприємством у СРСР і Європі. Після війни завод реконструйовано і значно розширено.

1953 р. – введено електролізний цех, 1955 – глиноземний, 1963 – цех з виробництва алюмінієвих порошків, 1965 – єдиний у світі цех з виробництва алюміно -кремнієвих сплавів електротермічним способом.

Основна продукція – алюміній у зливках, алюмінієва катанка, глинозем, алюміно-кремнієві сплави, товари народного споживання. Всі цехи заводу оснащені сучасним високопродуктивним устаткуванням і мають високий рівень механізації та автоматизації виробництва.

Миколаївський глиноземний завод (МГЗ) – підприємство алюмінієвої промисловості України. Розташований на східному березі Бузького лиману. Будівництво розпочато у 1974 році.

Перша черга стала до ладу у 1980 р. Продукція підприємства – глинозем найвищих марок. Потужність заводу – 1,2 млн. т на рік. Технологічна схема передбачає переробку сировини (бокситів) лужним гідрохімічним способом (спосіб Байєра).

МГЗ працює на бокситах, що ввозяться з Гвінеї і Ямайки. МГЗ оснащено устаткуванням великої одиничної потужності з автоматизованим і дистанційним управлінням. Сьогодні МГЗ увійшов до складу міжнародної корпорації „Російський алюміній". Прийнято рішення про будівництво в Україні (Харківська область) нового потужного заводу по виробництву первинного алюмінію разом з Росією. До теперішнього часу основна кількість українського глинозему доставлялась для подальшої переробки на Братський та Таджицький алюмінієві комбінати.

4.4.3. Виробництво алюмінію

Схема технології отримання чистого алюмінію з алюмінієвих руд:

Алюмінієва руда → *виробництво глинозему* → глинозем → *електролітичне отримання алюмінію* → алюміній технічної чистоти → *рафінування* → алюміній високої чистоти → доставкą до споживача.

1. Виробництво глинозему

У залежності від складу та фізико-хімічних властивостей перероблюваної рудної сировини глинозем отримують кількома способами. Виділяють три групи процесів: лужні, кислотні та кислотно-лужні. В наш час практично весь глинозем отримують лужними методами, які в свою чергу поділяються на гідрохімічні (спосіб Байєра), термічні (спікання) та комбіновані.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

а) Виробництво глинозему за способом Байєра

В основі способу лежить оборотна хімічна реакція

$$Al(OH)_3 + NaOH \Leftrightarrow NaAlO_2 + 2H_2O.$$

В умовах вилуження бокситової руди розчином їдкого натру рівновага реакції зміщується вправо, тобто алюміній переходить у розчин у формі алюмінату натрію. При розкладі (декомпозиції) отриманих розчинів рівновага зсувається вліво і відбувається гідроліз алюмінатного розчину з утворенням кристалічного осаду гідроксиду алюмінію.

За способом Байєра технологічний цикл по лугу замкнений. Витрачений на вилуження луг вивільняється при декомпозиції і повертається в голову процесу на обробку нових порцій руди.

Вихідний боксит подрібнюють у середовищі концентрованого оборотного розчину лугу. Далі пульпу вилужують з метою переведення алюмінію у розчин:

$$Al_2O_3 \cdot n H_2O + 2NaOH = 2NaAlO_2 + (n+1)H_2O.$$

Але одночасно з природними гідроксидами алюмінію з лугом взаємодіють вільний кремнезем і різні алюмосилікати з утворенням нерозчинного в лузі гідроалюмосилікату натрію, що веде до витрат дорогого лугу і зниження звільнення алюмінію у розчин. Тому недоцільно переробляти цим способом боксити з високим вмістом SiO_2.

Вилуження бокситів проводять під тиском (до 3 МПа) в автоклавах при температурі 150-240 °С. У вітчизняному виробництві застосовують автоклави місткістю від 25 до 72 м^3, які обігрівають перегрітою парою, що вдувається безпосередньо в пульпу.

Автоклав містить штуцер вдуву, штуцер завантаження пульпи, ремонтний люк, трубу передавлювання для розвантаження пульпи.

Боксити вилужують у безперервному автоматизованому режимі в автоклавних батареях, що складаються з 6-10 автоклавів.

Бокситна пульпа з мішалки за допомогою насоса нагнітається в теплообмінники, де нагрівається сепараторною парою I ступеня сепарації. З них іде у грію-чий автоклав і далі передавлюється послідовно через батарею реакційних автоклавів, у котрих протікає і завершується процес вилуження. З останнього автоклава пульпа вводиться в сепаратори I і II ступеня, де тиск знижується до атмосферного при одночасному зниженні і температури.

Внаслідок різкого зниження тиску пульпа в сепараторі I ступеня закипає, пара, що при цьому утворюється, направляється для підігріву вихідної пульпи. Низькотемпературна пара сепаратора II ступеня використовується для підігріву води, що направляється для промивки червоного шламу.

З сепаратора пульпа, що складається з алюмінатного розчину і нерозчиненого залишку (червоний шлам), надходить на розбавлення в мішалку, а потім у відділення згущення і промивки шламу. Час перебування пульпи в автоклавах становить приблизно 2 години.

Розділення алюмінатного розчину і шламу проводять звичайно згущенням з наступною фільтрацією розчину від тонкої завісі.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Випущений зі згущувачів шлам піддають багаторазовій промивці за принципом протитечії, що дозволяє більш повно відмити його від залишків алюмінатного розчину і отримати промивні води більш високої концентрації. Промитий червоний шлам відкачують у сховища.

Чистий розчин підлягає декомпозиції. Для цього розчин розбавляють і охолоджують: вводять затравку (дрібні кристали гідроксиду алюмінію), а пульпу для отримання досить великих кристалів $Al(OH)_3$ перемішують впродовж 50-90 годин. Дрібні кристали є центрами кристалізації. Температурний інтервал росту кристалів – 52-56 °С на початку і 44-46 °С у кінці.

Декомпозицію алюмінатних розчинів проводять у декомпозерах з механічним чи повітряним перемішуванням, які працюють у періодичному чи безперервному режимах. Пневматичні декомпозери є більш досконалими і великими апаратами місткістю до 2800 м^3, вони є основними для організації безперервного, автоматично керованого процесу у глиноземному виробництві на вітчизняних підприємствах. У серії їх працює 16-28 штук.

Для відділення кристалів гідроксиду від маточного розчину і класифікації їх за величиною застосовують гідросепаратори, гідроциклони і згущувачі (згущену пульпу фільтрують і промивають на барабанних чи дискових вакуум-фільтрах, при цьому крупні кристали осідають).

Після розділення пульпи отримують дві фракції гідроксиду алюмінію і маточний розчин. Крупна фракція (40-100 мкм) є продукційним гідроксидом і направляється на кальцинацію. Дрібні частки (до 40 мкм) ідуть як затравка при декомпозиції алюмінатних розчинів. Вихід продукційного гідроксиду алюмінію складає близько 65-70 %.

Маточний розчин об'єднують із промивними водами і направляють на випарювання у спеціальні апарати для того, щоб виділити зайву вологу і підвищити таким чином концентрацію їдкого натру до оптимального значення, а також для очищення розчину від соди і деяких інших домішок.

Сода в процесі Байєра утворюється на стадії вилуження в результаті взаємодії лугу з карбонатами вихідної шихти. Щоб повернути соду в процес, її перетворюють у каустичний луг методом вапнякової каустифікації. При цьому як відходи отримується білий шлам, який повертають на вилуження або піддають спеціальній переробці [35].

Продукційний гідроксид алюмінію після ретельної промивки направляють на кінцеву стадію отримання глинозему – кальцинацію – термічне збезводнення за реакцією

$$2\,Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + 3\,H_2O\,.$$

На більшості заводів кальцинацію глинозему здійснюють у трубчастих обертових печах довжиною 35-110 м і діаметром 2,5-4,5 м. Прожарений глинозем охолоджують у трубчастих холодильниках (довжиною 25-50 м і діаметром 2,5-3,5 м), зрошуваних зовні водою. Але такий спосіб кальцинації має ряд суттєвих *недоліків*. Основні з них:

- високі витрати палива;
- низький тепловий ККД;
- невелика питома продуктивність;
- громіздкість апаратного обладнання.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Більшості з них вдається уникнути у новому методі кальцинації глинозему в апаратах КС.

Піч КС такої установки виконана у вигляді вертикальної шахти, з'єднаної знизу і зверху з циркуляційним циклоном. У нижню частину шахти через повітророзподільну решітку надходить нагріте повітря, необхідне для створення киплячого шару і згоряння палива. Перед подачею на кальцинацію гідроксид алюмінію сушиться і підігрівається теплотою відхідних газів печі КС. Охолодження глинозему відбувається при уловлюванні його в циклоні холодильника, а також у самому холодильнику.

б) Виробництво глинозему способом спікання

Сутність методу – в утворенні алюмінату натрію при високій температурі в результаті взаємодії суміші алюмінієвої руди, соди і вапняку. Отриманий при цьому спік вилужують водою. Розчин алюмінату натрію після вилуження розкладають вуглекислим газом з виділенням в осад гідроксиду алюмінію, котрий для отримання безводного глинозему піддають кальцинації.

Цим методом можна переробляти практично всі види алюмінієвої сировини. В наш час його застосовують для переробки висококремнистих бокситів і нефелінових руд та концентратів.

Вихідні матеріали – боксит і вапняк – після подрібнення надходять у млини, де подрібнюються в середовищі оборотного содового розчину; туди ж додають деяку кількість свіжої соди для відшкодування її втрат у процесі обробки і оборотний шлам.

Мета спікання – перевести алюміній, що міститься у руді, у форму водорозчинного алюмінату натрію і зв'язати кремнезем у малорозчинні кальцієві силікати.

Процес спікання відбувається у трубчастих обертових печах довжиною до 185 м і діаметром 5 м, обладнаних трубчастими холодильниками, при температурі 1200-1300 °С у робочій зоні печі (за цих умов практично весь оксид алюмінію перетворюється на алюмінат натрію). Продуктами спікання є кусковий пористий, частково оплавлений спік темно-сірого кольору і пічні гази, що містять 10-12 % CO_2, які використовуються для карбонізації алюмінатних розчинів.

Спік після виходу з холодильника направляють на вилуження, подрібнивши до зернистості 6-8 мм. Вилуження проводять водою і оборотними слабкими розчинами соди.

Кусковий спік звичайно вилужують проточним методом у дифузорах, перколяторах і трубчастих вилуговувачах, а дрібняк (менше 1 мм) – у механічних мішалках чи млинах.

У дифузорах, що є апаратами періодичної дії, спік завантажують через верхній люк і по закінченні вилуження вивантажують знизу. Обробка спіку розчином відбувається у висхідному його потоці. Дифузори висотою 5 м і діаметром 2,5 м групують у батареї по 12-15 штук. Вони працюють за принципом протитечії, і вилужений спік у хвостовому дифузорі обробляється гарячою водою (до 90 °С), а свіжий спік у головному – концентрованим розчином. Дифузорна батарея має складну систему трубопроводів з необхідною запорною апаратурою, котра дозволяє будь-який з дифузорів використовувати як головний або хвостовий, а також повністю відключати окремі апарати для завантаження чи ремонту.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

- **Переваги:** дозволяє отримати міцні розчини, що містять Al_2O_3 до 300 кг/м^3.
- **Недоліки:** підвищені механічні втрати глинозему; дуже трудомісткий.

Перколяційні конвеєрні вилуговувачі дозволяють частково уникнути недоліків дифузорних батарей. Такі апарати являють собою горизонтальний ланцюговий конвейєр стрічкового типу, на якому закріплені сталеві контейнери (перколятори) із сітчастим днищем. Спік завантажують у головний перколятор, і далі кожний завантажений перколятор при русі конвейєра проходить послідовно зону вилуження і декілька зон промивки.

Стрічковий вилуговувач (довжина якого 72,7 м і діаметр 6 м) має 66 перколяторів (5 х 2 х 2 м).

- **Переваги:** більш висока продуктивність, підвищує видобування глинозему на 1,5-2 %, дозволяє покращити умови праці.
- **Недоліки:** громіздкість, складність конструкції, висока вартість.

Найбільш досконалим є трубчастий вилуговувач безперервної дії. Такий апарат при висоті 26 м і місткості 63 м^3 має продуктивність по спіку 20 т/год. Спік у нього надходить зверху і за рахунок рівномірного вивантаження шламу постійно опускається вниз. Гаряча вода (розчинник) проходить через стовп спіку знизу вверх, поступово насичуючись алюмінатом натрію. Готовий розчин виводиться з верхньої частини апарата.

Продуктами процесу вилуження бокситного спіку є розчин алюмінату натрію і червоний шлам. Алюмінатний розчин містить води до 300 кг/м^3 і забруднений домішками, включаючи кремнезем. Звичайно при вилуженні спіку в розчин переходить 93-96 % Al_2O_3.

Якість алюмінатних розчинів насамперед характеризується значенням кремнієвого модуля. Для отримання глинозему найвищих марок він має бути не нижче 400-500, а у розчинах після вилуження – не менше 20-50. Тому всі розчини алюмінату натрію перед осадженням гідроксиду алюмінію піддають знекремнюванню.

Очищення від кремнезему відбувається в батареї автоклавів при 150-170 °С протягом 2-2,5 год. Для нагрівання використовують гостру пару, що подається в перші 2-3 гріючих автоклави. З останнього автоклава пульпа, що складається з білого і червоного шламу, розвантажується в самовипарювач, а потім проходить стадії згущення і фільтрації. Білий шлам повертається на приготування вихідної шихти для спікання, а освітлений алюмінатний розчин після контрольної фільтрації направляють на карбонізацію.

Карбонізацію здійснюють пропусканням через розчин топкових газів печей спікання, що містять CO_2. Відбувається розклад алюмінату натрію. Він протікає швидше і повніше за декомпозицію в способі Байєра. Маточні розчини після карбонізації випарюють і направляють на стадію подрібнення руди.

Гідроксид алюмінію після відділення від розчину збезводнюють, як і в способі Байєра, прожарюванням у трубчастих печах.

Спосіб спікання універсальніший за спосіб Байєра і має бути застосований до більшого типу алюмінієвих руд, у тому числі і до нефелінів.

Основні відмінності технології спікання пов’язані з наявністю в них значних кількостей лугів, що дозволяє готувати шихту без втрат соди. Ця обставина

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

включає необхідність повернення розчинів після карбонізації на вилуження і створює передумови для використання їх для супутнього отримання соди і поташу, а вапняково-кремнистих шламів – для виробництва цементу.

Способи Байєра і спікання поряд з наявними перевагами мають ряд специфічних **недоліків**:

- обмеженість застосування;
- високі витрати дорогого лугу і пари;
- великі об'єми перероблюваних матеріалів і високі витрати палива у способі спікання.

Для усунення цих недоліків розроблені й освоєні комбіновані способи отримання глинозему, що поєднують у собі автоклавне вилуження і спікання. Це дозволяє розширити сировинну базу глиноземного виробництва і компенсувати втрати лугу в процесі не дорогим їдким натром, а дешевою содою.

2. Отримання алюмінію електролізом кріоліто-глиноземних розплавів

Електролітичне отримання алюмінію з глинозему можливе лише з електролітів, що не містять у своєму складі більш електропозитивних у порівнянні з алюмінієм елементів. До таких електролітів відносяться сольові розплави, що містять катіони лужних і лужноземельних металів та мають досить добру розчинність глинозему.

Сучасний промисловий електроліт, що використовується при отриманні алюмінію в усьому світі, відноситься до системи кріоліт – глинозем, компоненти якої плавляться, відповідно, при 1100 і 2050 °С. У системі при 968 °С визначена евтектика Na_3AlF_6 – 10 % Al_2O_3. Більша концентрація оксиду алюмінію різко підвищує тугоплавкість бінарного електроліту. Для зниження температури плавлення електроліту, збільшення його електропровідності, покращення змочуваності електролітом анода і надання йому інших позитивних якостей в електроліт вводять різні добавки.

Вміст основних компонентів у промисловому електроліті коливається в межах, %: Na_3AlF_6 – 75-90, AlF_3 – 5-12, MgF_2 – 2-5, CaF_2 – 2-4, Al_2O_3 – 1-10.

Розчинність глинозему в електроліті залежить від його складу і температури процесу. При робочій температурі 950-970 °С вона дорівнює 8-10 %.

У процесі електролізу концентрація глинозему в електроліті безперервно знижується, що може призвести до порушення технологічного режиму процесу електролізу, тому убування глинозему поповнюють безперервно або періодично.

У відповідності до значень потенціалів розряду при електролізі кріоліто-глиноземних розплавів на електродах повинні розряджатись лише катіони Al^{3+} та аніони O^{2-}, що утворюються при електролітичній дисоціації глинозему.

Атомарний кисень, що виділяється на аноді, здебільшого зараз же взаємодіє з вугільним анодом і спалює його з утворенням суміші CO + CO_2. Це призводить до безперервного витрачання матеріалу анода [34].

Електролізер у плані має прямокутну форму. Він поміщений у металевий кожух, футерований всередині вугільними плитами і блоками. Подові блоки одночасно є катодами електролізної ванни. Однак катодні функції виконує фактично шар розплавленого алюмінію, що осідає на подині, а катодні блоки працюють як струмопідводи. Глибина робочого простору ванни 0,5 м. Аноди неглибоко занурені в електроліт.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Проходження по ланцюгу постійного струму супроводжується не лише електрохімічними процесами, але і виділенням значної кількості теплоти, котра підтримує температуру електроліту в потрібних межах.

При концентрації глинозему в електроліті вище 1-2 % напруга на ванні звичайно не перевищує 4-4,3 В. Однак зниження Al_2O_3 нижче допустимого рівня веде до виникнення анодного ефекту, що характеризується різким збільшенням напруги на ванні до 30-40 В і витрати електроенергії. Введення нових порцій глинозему припиняє анодний ефект.

Крім періодичних коливань вмісту глинозему в електроліті, викликаних технологічними особливостями роботи алюмінієвих електролізерів і умовами їх обслуговування, спостерігаються постійні зміни складу кріолітового розплаву. Причини цього у вибірковому поглинанні вугільного футерованого фтористого алюмінію; втраті фторидів через леткість; взаємодії кріоліту з домішками, що призводить до розкладу електроліту і збагачення його фтористим натрієм. Це викликає необхідність коригування складу електроліту шляхом додавання відповідних фтористих солей.

Сучасні алюмінієві електролізери працюють при анодній густині струму 0,8 -1,1 А/см^2. Електрохімічний еквівалент алюмінію – 0,336 г/(А·год).

На практиці не весь струм, що подається на ванну, витрачається на виділення алюмінію; частина його витрачається на побічні процеси. Коефіцієнт використання струму або вихід по струму h_c на сучасних алюмінієвих електролізерах коливається від 82 до 92 %. Вихід по струму залежить від багатьох факторів, і головним чином від застосовуваної густини струму, температури і складу електроліту, відстані між електродами.

Вихід по струму і напруга на ваннах, що змінюється на практиці від 4,1 до 4,5 В, визначає питому втрату технологічної енергії на процес електролізу.

На практиці 1 т алюмінію потребує 15-17 МВт електроенергії, або у виході за енергією57-65 г/(кВт·год).

Електролізні ванни (електролізери), що застосовуються в сучасній алюмінієвій промисловості, по суті відрізняються лише будовою анодів, системою струмопідводу і одиничною потужністю, що виражається значенням сили струму, який підводиться до електролізера, принцип роботи ж залишається тим самим.

За конструкцією анодів розрізняють електролізери з самообпальними і попередньо обпаленими анодами.

Електролізери з самообпальними анодами сприяють здешевленню виробництва, оскільки з технології були виключені дорогі і тривалі переділи пересування і обпалення анодів.

Але вони мають ряд недоліків: 1) більш високий електричний опір анодів внаслідок більшої неоднорідності матеріалу анода, і як наслідок – підвищення витрати електроенергії; 2) підвищення загазованості в цеху, обумовлене викидами значних кількостей газів – продуктів обпалення і коксування анодної маси; 3) нерівномірний розподіл струму по робочій поверхні одного анода великих розмірів.

У зв’язку з цим почали використовувати удосконалені електролізери з попередньо обпаленими анодами. Освоєння їх привело до подальшого збільшення їх одиничної потужності до 260 кА і більше, скоротило виділення шкідливих

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

газів в атмосферу і сприяло покращенню багатьох техніко-економічних показників процесу електролізу.

Сучасні електролізери виробляють за добу 500-1200 кг алюмінію. Алюміній випускають з ванн раз на 2-5 днів за допомогою спеціальних вакуум-ковшів.

Основними продуктами процесу електролітичного способу отримання алюмінію є металевий алюміній-сирець та анодні гази. Отриманий алюміній містить металеві, неметалеві і газоподібні домішки. Металеві домішки потрапляють в алюміній головним чином з сировиною (залізо, кремній, калій, натрій, титан і магній), неметалеві – це механічно затягнуті частки глинозему, електроліт, шматки футеровки і т.ін. До газоподібних домішок відносяться розчинені в алюмінії гази.

3. Рафінування алюмінію

Домішки значно погіршують механічні, електротехнічні та ливарні якості алюмінію, а також знижують його антикорозійні якості.

Для очистки від механічно захоплених домішок і розчинених газів алюміній, добутий з електролізерів, перед розливкою хлорують. Процес ведуть безпосередньо у вакуум-ковшах, які доставляються з цеху електролізу. Для цього з них знімають кришку і вміщують під спеціальний ковпак, обладнаний пристроєм для відсмоктування газів. Потім у розплав вводять трубку, через яку подається газоподібний хлор (10-15 хв.). При цьому на поверхню металу спливають зв'язані домішки. Печі з електрообігрівом місткістю до 25 т використовують для додаткової очистки металу від неметалевих домішок при більш тривалому відстоюванні і усереднення складу отримуваного металу шляхом змішування алюмінію з декількох ванн. Після витримки і усереднення складу алюміній розливають у зливки масою від 15 до 1000 кг. Частина алюмінію випускається у вигляді зливків безперервного лиття і алюмінієвої катанки.

Згідно з ГОСТ 11069-74, отриманий електролізним способом алюміній відноситься до алюмінію технічної чистоти. Підприємства звичайно випускають 85% алюмінію марки А85, що містить не менше 99,85 % алюмінію. Для отримання алюмінію більш високої чистоти потрібне додаткове його рафінування.

Алюміній високої чистоти до марки А995 отримують у промисловому масштабі методом електролітичного рафінування за тришаровим методом. У цьому процесі анодом є розплав забрудненого алюмінію, а катодом – очищений метал, між якими розміщується шар розплавленого електроліту, що складається зі сплаву хлористого барію з фторидами алюмінію і натрію.

При цьому більш електропозитивні домішки заліза, кремнію, міді та ін. залишаються і накопичуються в анодному сплаві, а більш електронегативні (натрій, барій, кальцій, ін.) – переходять в електроліт.

У процесі електролізу вміст алюмінію в анодному сплаві безперервно зменшується ($Al - 3e \rightarrow Al^{3+}$), а кількість катодного металу, відповідно, зростає ($Al^{3+} + 3e \rightarrow Al$). Для підтримання нормального режиму роботи рафінувального електролізера в анодний сплав уводять нові порції алюмінію технічної чистоти.

Це дорогий процес, тому має обмежене застосування. При його здійсненні додатково витрачається 17,5-18,5 МВт·год електроенергії на 1 т алюмінію.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

4.4.4. Сировинна база

Виробництво глинозему

Боксити. На цей вид сировини припадає понад 90 % світового виробництва глинозему. Основними алюмінієвмісними мінералами є гіббсит $Al(OH)_3$, беміт AlOOH і діаспор AlOOH, у залежності від вмісту яких боксити поділяють на гіббситові, бемітові чи діаспорові.

Кремнієвмісні мінерали: каолініт, кварц, опал, шамозит; залізовмісні мінерали – гематит, гетит, магнетит, сидерит, пірит.

Боксити містять домішки кальцію, гіпс та інші.

Виробництво глинозему в усьому світі здійснюється переважно з високоякісних (малокремнистих) бокситів гіббситового чи гіббсит-бемітового типу, перероблюваних за способом Байєра. До них відносяться боксити з кремнистим модулем (m_{Si}) вище 8-10 (m_{Si} – відношення мас Al_2O_3 до SiO_2).

Нефелінова сировина. Найбільший інтерес для алюмінієвої промисловості представляють нефеліновий концентрат (29,1 % Al_2O_3), нефелінові уртити (27,3 %) і нефелінові сієніти (18-24 %).

Алуніти. Це основна сірчанокисла сіль алюмінію і калію (22-25 % Al_2O_3).

Аналіз способу Байєра

Втрати Na_2O з червоним шламом складають 70 % від загальних втрат – 67- кг, останні 30 % – це втрати при каустифікації соди і механічні.

Втрати Al_2O_3 складають приблизно 12 % від кількості, введеної з бокситом. Це переважно втрати з червоним шламом.

Отже, на 1 т глинозему витрачається 2174 кг бокситу (що містить приблизно 41 % Al_2O_3).

Кількість води в циклі Байєра на 1 т глинозему складає 8,88 $м^3$ – на переділі вилуження і 13,4 $м^3$ – на декомпозиції; кількість випаруваної води становить 5,1 $м^3$. З цієї кількості 20 % виводиться з бокситами, 60 % – при промивці шламу і приблизно 16 % – при промивці гідроксиду алюмінію. При нагріві пульпи гострою парою і малій кількості стадій самовипарювання пульпи кількість конденсованої гострої пари дорівнює кількості конденсату, що утворюється в результаті випаровування води.

Аналіз способу спікання.

Основні втрати Na_2O в способі спікання бокситів – це втрати зі шламом, обумовлені або неповним проходженням реакцій спікоутворення, або неповним вилученням Na_2O зі спіку. Цей вид втрат складає приблизно 80 %, інші втрати – механічні.

Вміст Al_2O_3 у спіку складає 29-33 %, витрата спіку на 1 т глинозему – приблизно 4-4,5 т. Остання величина в основному визначається вмістом глинозему і кремнієвим модулем бокситу. Втрати Al_2O_3 від введеного з бокситом складають десь 20 %. Основна частина з них – це втрати зі шламом; на них припадає до 70-75 % всіх втрат.

Витрати води у способі спікання бокситів визначаються кількома факторами: умовами промивки шламу, текучістю пульпи, концентрацією алюмінатного розчину. Основні місця вводу води: промивка шламу (83 %) і гідроксиду алюмінію (10-12 %). Виведення води здійснюється на трьох переділах: на спіканні – 45 %, на випарці – 45 % і 10 % – на кальцинації.

Витрати алюмінатного розчину складають близько 8 $м^3$ на 1 т глинозему.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Виробництво алюмінію

Глинозем. Основною сировиною, що використовується при електролітичному виробництві алюмінію, є окис алюмінію Al_2O_3 (глинозем). Згідно з ГОСТ 6912-64, Україна випускає глиноземи 8 марок. У виробництві алюмінію в основному застосовується глинозем перших чотирьох марок – ГА85, ГА8, ГА6, ГА5.

У глиноземі повинен бути мінімально можливий вміст окисів заліза, кремнію, інших більш електропозитивних, ніж алюміній, елементів; також небажана присутність окисів лужних та лужноземельних металів, бо це погіршує якість глинозему і ускладнює технологічний процес.

Небажана присутність у глиноземі вологи. Волога з Al_2F утворює шкідливий для здоров'я HF (фтористий водень), котрий, звітрюючись з електроліту, може потрапити в атмосферу, забруднивши її.

Особливі вимоги пред'являються до фазового складу (глинозему). Наявність у технічному глиноземі 25-15 % α-фази – Al_2O_3 забезпечує його добру стійкість проти накопичення вологи і необхідну швидкість розчинення його в розплавленому електроліті.

Фтористі солі. Розплавленим середовищем, в якому здійснюється електроліз алюмінію, слугує Na_3AlF_6 і фтористий алюміній (AlF_3) (табл. 4.4.6).

Таблиця 4.4.6

Вимоги до хімічного складу фтористого алюмінію за ГОСТ 6912-64 , %

Фтор, не менше	64,5
Алюміній, не менше	31,5
SiO_2+Fe_2O_3, не менше	0,5
SO_4^{2-}, не більше	1,3
Волога, не більше	6,5

Штучний технічний кріоліт випускається двох марок: К-1 і К-2, для алюмінієвої промисловості призначений кріоліт марки К-1 (табл. 4.4.7).

Таблиця 4.4.7

Хімічний склад К-1, %

Кріоліт, не менше	54
Алюміній, не менше	13
Натрій, не більше	30
SiO_2, не більше	0,9
Окис заліза (Fe_2O_3), не більше	0,1
Сульфати (SO_4^{2-}), не більше	1,2
Волога, не більше	0,8

Питомий електроопір анодних блоків (табл. 4.4.8), як правило, не повинен перевищувати 45-50 Ом мм^2/м.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Таблиця 4.4.8

Вимоги до фізико-хімічних та механічних показників вугільних анодів

Сорт	Вміст золи, %, не більше	Пористість, %, не більше	Границя міцності при стиску, МПа
Вищий	0,6	25	25
Перший	0,9	26	23

Витрати сировини та електроенергії

Глинозем. Теоретичний розрахунок глинозему з урахуванням вмісту в ньому домішок складає 1908-1916 кг на 1 т алюмінію. Практично на заводах витрати глинозему коливаються в межах 1920-1930 кг на тонну. Витрати глинозему пов'язані з розпилюванням при транспортуванні і завантаженні його в електролізери.

Фтористі солі. Питомі витрати фтористих солей у перерахунку на фтор при електро-лізі становлять 25-36 кг/т. Менші значення питомих витрат фтористих солей, як правило, досягаються при експлуатації електролізерів з обпаленими анодами.

Аноди. Питома витрата анодів більшою мірою залежить від якості анодів, їх висоти, конфігурації верху анода, наявності захисту поверхні анода від окислення.

У вітчизняній промисловості оптимальна висота анода близька до 600 мм, а глибина ніпельного гнізда 80-100 мм. Питома витрата таких анодів складає 520-560 кг на 1 т алюмінію, а маса недогарків – 85-105 кг на 1 т алюмінію.

Електроенергія. Електроліз алюмінію – одне з найбільш енергоємних виробництв. Для оцінки витрат електроенергії постійного струму на електроліз користуються поняттям "питомі витрати електроенергії і вихід металу на 1 кВт·год" (вихід за енергією).

Оптимальні значення питомих витрат електроенергії для вітчизняних заводів, оснащених електролізерами з обпаленими анодами, становлять 14700-15000 кВт·год/т, що відповідає виходу металу на 1 кВт·год – 67-68 г. Крім технологічної електроенергії постійного струму, на кожну тонну алюмінію витрачається 300-600 кВт·год силової електроенергії змінного струму, яка йде на живлення вентиляційних установок і механізмів, що обслуговують електролізери, на освітлення та ін.

4.4.5. Основні напрями підвищення техніко-економічних показників галузі

Охорона атмосферного повітря на підприємствах виробництва глинозему полягає в очищенні та уловленні шкідливих газів.

На нових глиноземних заводах застосовують двоступеневу схему очищення газів печей спікання: батарейні циклони і чотирипільні сухі електрофільтри типу УГ зі швидкістю руху газів в електричному полі 1,3 м/с. При загальному ККД очистки 99-99,9 % в очищених газах міститься пилу 0,1-0,2 г/м^3.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Гази печей кальцинації глинозему при температурі близько 300°С направляють у батарейні циклони і далі в чотирипільні електрофільтри типу УГ зі швидкістю руху газів 1,0-1,2 м/с.

Димососи встановлюють у кінці системи або перед електрофільтрами. Звичайно батарейні циклони монтують над печами, і уловлений в них пил самопливом повертається в піч низьконапірним пневмотранспортером. ККД очищення в двох ступенях батарейних циклонів складає до 95 %. Сумарний ступінь очистки – понад 99,5 %; запиленість очищених газів становить 0,1-0,3 г/м^3.

Для очищення газів вапняково-випалювальних печей застосовують двоступеневу схему: циклони і горизонтальні чотирипільні електрофільтри. При застосуванні цієї схеми запиленість очищених газів становить близько 0,2 г/м^3.

Аспіраційні гази вузлів пересипки і дроблення спіку очищають за один ступінь у горизонтальних електрофільтрах типу УГ зі швидкістю руху газів в електричному полі до 0,7 м/с. Запиленість очищених газів становить 0,1-0,15 г/м^3.

Гази електролізерів очищають від газоподібного фтористого водню, пилу і смолистих речовин промивкою слабким содовим розчином (4-6 %). У ряді схем гази попередньо очищають від пилу і смолистих речовин в електрофільтрах.

Звичайно содовий розчин використовують так, щоб у ньому залишилась деяка кількість бікарбонату (близько 5 г/дм^3 у перерахунку на Na_2CO_3). Коли в поглинальному розчині концентрація NaF досягає 35-40 г/дм^3, поглинальну пульпу перекачують для переробки на кріоліт.

При кожному способі підводу струму використовують вид укриття ванн для відводу відхідних газів, інакше вони стануть “неорганізованими”.

Електролізери з верхнім струмопідводом оснащені дзвоновими газозбірниками для вихідних газів і пальниковими пристроями для допалювання окису вуглеводню і смолистих речовин. Ступінь допалювання смолистих речовин залежить від типу пальника (~50-96 %).

Ефективність заходів по відбору газів недостатньо висока (60-70 %), а решта газів, так звані неорганізовані викиди, надходять безпосередньо в цех і через вентиляційні ліхтарі викидаються в атмосферу.

Уловлені гази очищають у дві стадії: спочатку від пилу і смол у двопільних електрофільтрах, а потім у порожнистих скруберах зрошують розчином соди. В результаті уловлюється 97-98 % фтористого водню, 90-95 % пилу, 60 % смол.

В електролізерах з боковим струмопідводом гази збирають за допомогою шторних укриттів. Їх ефективність 80-90 %. У цьому випадку застосовують два варіанти двоступеневої схеми очистки: сухий електрофільтр, або порожнистий скрубер, і скрубер з плаваючою насадкою з порожнистих кульок з пластмаси. Кульки перебувають у безперервному русі, постійно торкаються одна одної і таким чином очищаються від осадів на них, насамперед від липких смол. Ефективність уловлення за другим варіантом становить 99,5 % фтору і 92 % пилу.

Гази електролізерів з обпаленими анодами очищати легше. За допомогою пристроїв скруберного типу відбирається від 85 до 95 % вихідних газів.

Очищають їх у два етапи: спочатку у вертикальних електрофільтрах, потім у скруберах. Пил уловлюється на 92 %, а фтористий водень – на 96-97 %.

Всі описані схеми включають мокрі апарати. Це пов’язано з необхідністю уловлення фтористого водню. Тут, як і всюди, проявляються недоліки мокрих способів. Тому в останні роки почали застосовувати суху сорбційну очистку, що

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

грунтується на поглинанні фтористого водню глиноземом. Ефективність уловлення фтористого водню і пилу при сорбційній очистці – близько 99 %.

Однак перед службою пилоуловлення при виробництві алюмінію стоїть ще багато проблем. Очистка газів від фтору та пилу все ще не досить ефективна. Велика кількість газів не потрапляє в укриття електролізерів і проникає в цехи. Ці гази відводяться через отвори в перекритті цехів (ліхтарі) від робочих місць, але викидаються в атмосферу, що не є кращим методом.

Очистка ліхтарних газів супроводжується певними складнощами, що пов'язані з великою кількістю цих газів та зі складністю експлуатації мокрих апаратів при низьких температурах у зимову пору року.

Щодо охорони водного середовища можна сказати, що вона в алюмінієвій промисловості поставлена досить добре.

Виробництво глинозему та алюмінію потребує багато води, але природні водні ресурси витрачаються з використанням такої технології оборотного водопостачання, за допомогою якої стабілізація складу води, запобігання накипоутворенню і посиленню корозії досягається без скиду з оборотної системи. Тобто технологічна вода проходить кілька стадій виробничого процесу, а потім, залежно від вимог тієї чи іншої стадії, подається на той чи інший переділ без попередньої очистки. Локальна очистка стічних вод з метою повторного використання в технологічних процесах у багатьох випадках більш вигідна, ніж повна очистка у відповідності до існуючих вимог до стічних вод при скиді їх у водойми. Тобто скиду технологічної води у водойми немає.

Підживлення такої системи необхідне лише для компенсації втрат води від випаровування та виносу бризок.

Для поповнення замкнених оборотних систем біологічно очищеними стічними водами ці води, як і води з природних джерел, повинні бути пом'якшені та знесолені настільки, щоб у системі встановилася рівновага на заданому рівні.

Для уникнення шкідливого впливу поверхневого стоку з території підприємства необхідно створювати локальні дощові каналізації. Вони збирали б поверхневі стічні води і направляли на локальні очисні споруди, що очищали б їх від основних забруднювачів для запобігання їх потраплянню у водойми.

Заходом боротьби з бокситовим та глиноземним розпилюванням є герметизація вагонів та рудовозів, якими вони транспортуються, та використання закордонного досвіду, який запропонував технологію виробництва крупнозернистого глинозему, що значно менше пилить і просочується у шпарини.

При виробництві глинозему побічним продуктом є нефеліновий шлам, який вже давно використовується у промисловості будівельних матеріалів. Наприклад, при збагаченні апатитів Кольського півострова як побічний продукт утворюються нефелінові залишки, що надходять далі на переробку для отримання глинозему, соди, поташу і силікокальцієвого залишку. Крім того, в результаті сумісного помелу нефелінового шламу з портландцементним клінкером і гіпсом утворюються високоякісні цементи марок 200, 300, 400, 500, 550.

З нефелінового цементу отримують конструкційний ізоляційний газобетон високих марок, зі шламу – вогнетривкі бетон та цеглу, у тому числі обпалену, плити, блоки, легковагий ізоляційний матеріал. У дорожньому будівництві його використовують для зміцнення грунтів як підстилаючий шар, а також як в'яжучий асфальтобетон.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

На особливу увагу заслуговують червоні бокситові шлами, що утворюються в алюмінієвій промисловості при виробництві глинозему.

Розроблені методи їх використання при виробництві шлакощебеню, шлакокристалів, в'яжучих матеріалів, будівельної кераміки, глиняної і силікатної цегли, а також цементу і керамзиту як залізовмісної добавки замість дефіцитних піритних недогарків. Дослідження показали, що червоний бокситовий шлам може слугувати перспективною сировиною для багатьох інших будівельних матеріалів.

Червоний шлам знайшов своє застосування як реагент у металургійній промисловості при виробництві агломерату і залізорудних окатишів, а також як пігмент для зафарбовування ламінованих шарів деревностружкових плит.

Дослідження виявили, що червоний шлам є добрим сорбентом для очистки промислових газів від сполук сірки, фтору, азоту та ін. і для уловлення пестицидів із забруднених вод.

Червоний шлам складається з великого набору макро- і мікроелементів (фосфору, заліза, магнію, марганцю, міді, кобальту, титану, нікелю, сірки, хлору і бору), що знаходяться в рухливому стані і легко засвоюються рослинами, відсутність небезпечних токсичних речовин дозволяє застосовувати червоний шлам як мінеральні добрива для підживлення сільськогосподарських культур. При цьому, крім збільшення врожайності, спостерігається зниження ураження цілим рядом хвороб цукрового буряка, томатів, цибулі, люцерни, зниження вмісту нітратів в овочах і фруктах. Мікроелементи, що входять у червоний шлам, значно поліпшують якість і харчову цінність урожаю.

Враховуючи лужні якості червоного шламу, його застосування особливо перспективне на засолених ґрунтах.

Значним внеском у захист навколишнього середовища є реутилізація використаного металу.

Реутилізація металів – важливий резерв економії природної сировини. Велика кількість металу щорічно викидається у довкілля внаслідок зносу і корозії металу.

Реутилізація – відношення використаного металу старого утилю до загального використаного первинного металу і металу нового утилю в процентах. Розрахований таким чином коефіцієнт утилізації в США у 1989 році склав для алюмінію 19 % і зростає кожного року.

В Україні вторинний алюміній отримують на Свердловському ливарному заводі (Луганська область).

Звідси випливають завдання та напрямки ресурсозбереження й охорони навколишнього середовища у виробництві алюмінію, як і в кольоровій металургії взагалі, котрі включають утилізацію відходів і отримання додаткової продукції в даній чи суміжній галузі, видобуток металів з пилогазових відходів та промислових стоків, використання твердих відходів для заповнення вибраного простору шахт і для виробництва кольорових металів.

Слід відмітити, що при виробництві алюмінію з брухту і відходів електроенергії необхідно в 20 разів, а сировини та капіталовкладень – у 5 разів менше, ніж при отриманні первинного металу.

У нашій країні з брухту та відходів виплавляють до 20 % кольорових металів. У ФРН, яка не має власної сировинної бази, на сьогодні 33 % алюмінію виплавляється з відходів.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

Значний економічний та екологічний ефект досягається зміцненням технологічної дисципліни, контактів із суміжниками. Мценський завод "Вторцветмет" спільно з сусіднім підприємством алюмінієвих сплавів об'єднання "АвтоЗІЛ" розробив оригінальний технологічний проект, який дозволяє значний обсяг сплавів передавати від виробника до споживача в рідкому вигляді. Це приводить до скорочення витрат електроенергії на вторинний підігрів алюмінію, втрат металу на окислення та вигар. Економічний ефект цього рішення дуже великий. За кордоном також перевозять гарячий алюміній споживачам на відстань 300-350 км.

У господарський обіг залучається лише 1/5 частина шламів алюмінієвої промисловості. Отже, потрібно переходити на маловідходні та безвідходні технологічні процеси.

Контрольні питання

1. Дайте загальну характеристику металургійного комплексу України.
2. Охарактеризуйте запаси руд чорних та кольорових металів в Україні та в світі.
3. Географія розташування підприємств по виробництву чавуну.
4. Основні процеси виплавки чавуну. Необхідні ресурси.
5. Доменний спосіб виплавки чавуну.
6. Вплив на навколишнє середовище при виробництві чавуну.
7. Виробництво сталі. Загальна характеристика. Географія розташування.
8. Мартенівський спосіб виплавки сталі.
9. Конверторний спосіб виплавки сталі.
10. Виробництво прокату.
11. Технологія виробництва алюмінію.

Література

1. Адно Ю. Мировая металлургия на пороге нового столетия // Мировая экономика и международные отношения. – 2001. – № 8. – С. 59-68.
2. Афонин В.Г. Сырьевая база черной металлургии УССР. – К.: Техника, 1974. – 152 с.
3. Бигеев А.М. Металлургия стали. – Челябинск: Металлургия, 1980. – 437 с.
4. Большая Советская Энциклопедия. – М.: Сов. энцикл., 1985. – Т. 1. – 806 с.
5. Борнацкий И.И. Производство стали. – М.: Металлургия, 1991. – 386 с.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

6. Борнацкий И.И. Теория металлургических процессов. – К.: Техника, 1978. – 430 с.
7. Вавельский М.М., Чебан Ю.М. Защита окружающей среды от химических выбросов промышленных предприятий. – М.: Химиздат, 1989. – 213 с.
8. Вольфсон Г.Е., Ланкин В.П. Производство алюминия и его сплавов: Справочник / Под ред. Л.М. Элькинзе. – М.: Металлургия, 1983. – 620 с.
9. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев В.А. Общая металлургия. – М.: Металлургия, 1979. – 488 с.
10. Гордон Г.М., Гордон Л.М. Быть небу голубым! – М.: Металлургия, 1985. – 156 с.
11. Гордон Г.М., Пейсанов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1982. – 240 с.
12. Денисенко Г.Ф. Охрана окружающей среды в черной металлургии. – К.: Техника, 1990. – 246 с.
13. Еремин Н.И., Наумчик А.Н., Казаков В.Г. Процессы и аппараты глиноземного производства. – М.: Металлургия, 1980. – 360 с.
14. Заставний Ф.Д. Географія України. – Львів: Світ, 1994. – 472 с.
15. Калужский Н.А., Тайн А.Ю. Отечественная металлургия от первых шагов до промышленного производства. – М.: Металлургия, 1991. – 326 с.
16. Кудрин В.А. Металлургия стали. – М.: Металлургия, 1989. – 496 с.
17. Лайнер А.И., Еремин Н.И., Певзнер И.З. Производство глинозема. – М.: Металлургия, 1978. – 344 с.
18. Машиностроение и охрана окружающей среды / Под ред. Ю.М. Ансерова, В.Д. Дурнова. – М.: Машиностроение, 1975. – 347 с.
19. Металловедение алюминия и его сплавов: Справочник / Под ред. И.Н. Фридмана. – М.: Металлургия, 1983. – 279 с.
20. Новиков Ю.В. Охрана окружающей среды: Учебное пособие. – М.: Высш. шк., 1987. – 286 с.
21. Петриченко А.М., Суходольская Е.А. Чугун: настоящее и будущее. – К.: Наукова думка, 1987. – 104 с.
22. Потравный М.М., Захожай В.Б. Ресурсосбережение и охрана окружающей среды. – К.: Урожай, 1990. – 285 с.
23. Примак А.В., Балтренас П.Б. Защита окружающей среды на предприятиях стройиндустрии. – К.: Будивельнык, 1991. – 151 с.
24. Розміщення продуктивних сил: Навч. посібник. – К.: Либідь, 1996. – 546 с.
25. Соколов Г.А. Производство стали. – М.: Металлургия, 1982. – 496 с.
26. Социально-экономическая география Украины / Под ред. Шабите. – Львов: Свит, 1995. – 310 с.
27. Статистичний щорічник України за 2005 р. – К.: Вид-во “Консультант”, 2006. – 576 с.
28. Технологические расчеты в производстве глинозема: Учебн. пособие для техн. / Л.Б. Самарянова, А.И. Лайнер. – М.: Металлургия, 1981. – 368 с.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image

29. Технология металлов и конструкционных материалов: Учебн. для техн. / Б.А. Кузьмин, Ю.А. Ефремов и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 494 с.
30. Уткин Н.И. Цветная металлургия (технология отрасли): Учебник. – М.: Металлургия, 1990. – 474 с.
31. Уткин Н.И. Цветная металлургия, технология отрасли. – М., 1990. – 447 с.
32. Физико-химические основы переработки алюминиевого сырья (щелочные способы). – М.: Металлургия, 1985. – 426 с.
33. Экология и экономика: Справочник / Под ред. К.М. Сытника. – К.: Политиздат, 1997. – 308 с.
34. Экология Николаева / Под ред. Ю.М. Кербунова. – Николаев, 1997. – 75 с.
35. Экономическая география УССР. – К.: Высшая школа, 1984. – 239 с.

Created using easyPDF Printer
Click here to purchase a license to remove this image