

15-дәріс

Гидроэлектрметаллургия

Су ерітінділерінен металды электролиз арқылы алу металлургиялық процестердің соңғы стадиясы болып табылады. Таза мыс, мырыш, никель және марганец алу өндірісінде – электрод орны өте маңызды.

Металды рудададан алуға электрорафинация және электроэкстракция әдістері қолданылады.

Электролиттік рафинация әдісінде пирометаллургиялық әдіспен алынған таза металдың, су ерітінділерінде анод болып еріп, сол электролитте катодта таза металл түрінде алу процестері қолданылады.

Электрохимиялық рафинация әдісі мынаған негізделген: Металдың, ерітіндінің табиғатына, ток тығыздығына және басқа да параметрлерге байланысты металл-ион системалардың потенциалдары әртүрлі болып, сол себептен олардың еру және разрядталу реакцияларының жылдамдықтары әр түрлі болады.

Электрорафинация процесі кезінде катодта – металл, ерітіндіде – иондардың қоспасы, ал анод аумағында анодтық шлам түзіледі.

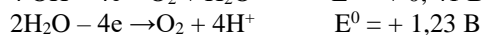
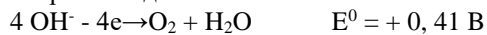
Катодта негізгі металл иондарының тотықсыздану реакциялары жүреді, ерітіндіде потенциалдары оң басқа иондар болатын болса, олар да реакцияға қатысады. Потенциалдары теріс иондар – электрод реакциясына қатыса алмай ерітіндіде жинақталып отырады.

Электроэкстракция процесінде катодта жүретін процестер электрорафинациядағымен бірдей, ал анодта басқаша.

Кейбір металдарды рудададан бөліп алу үшін оларды түрлі еріткіштерде ерітеді. Құрамында негізгі металл бар ерітіндіні зиянды қоспалардан тазалағанан кейін электролиз әдісімен катодта таза металл түрінде бөліп алады.

Электролиз кезінде ерімейтін анод қолданылады. Бұл әдісті **электроэкстракция** деп атайды.

Электроэкстракция әдісінде анодтың еру реакциясы үрмеу керек. Анодта тотығу реакциясы негізінде оттегі немесе хлор бөлінеді:



Сөйтіп гидроэлектрметаллургия әдісі негізгі мынадай стадиядан тұрады: электролитті дайындау және осы ерітіндіден металды бөліп алу.

Өндірістік гидроэлектрметаллургияда ең бірінші қолданылатын әдістердің бір – мысты электролиттік әдіспен алу болып табылады.

Мысты электрорфинациялау

Электрорафинация процесі қымбат және сирек кездесетін элементтерді алудың қазіргі күнгі ең арзан жолының бірі болып отыр. , сол себептен алынған мыстың құны арзанға түседі. Дүние жүзінде алынып жатқан мыстың 80 %-тейі пирометаллургиялық әдіспен алынады, ал оның 90 %-і электрорафинация әдісімен тазаланады; 20 %-тей мыс, құрамында мыстың тотыққан минералдары бар рудаларынан гидроэлектрметаллургия әдісімен алынады.

Пирометаллургиялық әдіспен құрамында әртүрлі қоспалар бар таза емес мыс алынады. Оның құрамында 98,9-99,7 % мыс; өте құнды – алтын, күміс, селен, теллур, висмут т.б.; онша қымбат емес-темір, мырыш, никель т.б. және өте зиянды сурьма, мышьяк т.б. элементтер және олардың қоспалары болады.

Мыстың құрамындағы қоспалар, оның электрөткізгіштігін төмендетеді.

Электролиттік рафинация кезінде үш түрлі өнім алынады:

- 1) Электротехника және теле-радио өндірісінде қолданылатын таза катод мысы.
- 2) Құрамында қымбат және сирек кездесетін элементтер және олардың қоспалары бар мыс шламы.
- 3) Құрамында мыс, темір, никель, мырыш, мышьяк т.б.иондар бар ерітінді.

Электрорафинация шламы. Анод құрамында болатын поляризация кезінде ерімеген металдар, оксидтер және химиялық қосылыстар электролиздің түбіне түседі. Оларды шлам деп атайды. Әдетте 1 т катодта мыс алынғанда, 1-1,5 кг шлам бөлінеді. Шламның құрамы анодтың құрамына тәуелді. Шламның орташа құрамы, %:

Cu- 10-66	As – 0,1-4,0
Ag- 3-55	Bi – 0,001-0,5
Au- 0,05-4,0	Se – 2-228
Pb – 0,9-12,0	Te – 0,01-6,0
Sb – 0,04-30,0	Fe – 0,04-1,5
Ni – 0,05-0,5	SO ₄ – 6-15
SiO ₂ – 0,3-7,0	

РАФИНИРЛЕУ – металлургиялық, химиялық және т.б. өнеркәсіп салаларында өнімді қоспалардан тазарту.

МЕТАЛДАРДЫ РАФИНИРЛЕУ- біріншілік металдарды зиянды қоспалардан тазарту процестері.

РАФИНИРЛЕУДІҢ ТҮРЛЕРІ

- 1) Пирометаллургиялық рафинирлеу
- 2) Химиялық рафинирлеу
- 3) электролиттік рафинирлеу

- **ЭЛЕКТРОЛИТТІК РАФИНИРЛЕУ** сулы ерітінділер не тұз балқымаларының электролизі болып табылады, тазалығы жоғары металдар алуға мүмкіндік береді.
- Электролиттік рафинирлеуді *ерітін* не *ерімейтін* анодтармен жүргізеді.

- Еритін анодтармен жүргізу тазартылатын металдың анодтық еруіне және катодта тұндыруға негізделеді.
- Ерімейтін анодтармен жүргізгенде негізгі металл алдынала тазартылағын еритіндіде болады да, электролиз нәтижесінде катодта компакттілі түрде тұнады.

Ежелден адам баласына сегіз металл белгілі болған: алтын, күміс, мыс, қалайы, қорғасын, сынап, сурьма және темір. Қазіргі кезде 80-ге жуық металдарды өндіреді және қолданады.

Алдыңғы қатарлы технологиялар көмегімен жаңа синтетикалық материалдар алынғанына қарамастан, металдарға ғана тән кешенді қасиеттер әр уақытта маңдай алды (үздік) болып қала береді.

Металдарға деген сұраныс жылдан жылға өсуде. Олар экономиканың барлық салаларында қолданылады. Негізгі түсті металдардың жылдық әлемдік өндірісі ондаған миллион тоннаны құрайды. Кей металдарды аздаған мөлшерде алады, бірақ олар экономиканың жаңа салаларына өте қажет.

Металдарды қорытудың (алудың) үздіксіз өсуі шикізат қорын азайтуда. Қазіргі кездің өзінде-ақ кейбір кендер бойынша шикізат тапшылығы болуының қатері бар. Сондықтан металлургия өндірісінің қазіргі даму кезеңінің негізгі мақсаты – шикізатты кешенді түрде қолдану және ресурс сақтайтын технологияны енгізу.

Электрохимиялық көз қарас бойынша металл деп электрондар беретін, металл еместерге электрондар қосып алуға ұмтылатын элементтерді айтады. Металдардың көптігі, қасиеттерінің әртүрлілігі, алу әдістері және қолданылу аясының көптігі оларды жеке топтарға классификациялау қажеттігін тудырады.

Қазіргі жағдайларда тарихи қалыптасқан металлургиялық өнеркәсіптік структураны көрсететін және осыған байланысты еліміздің инженерлік-техникалық кадрларын дайындайтын структураны көрсететін **металдардың өнеркәсіптік классификациясы** қолданылады.

Өнеркәсіптік классификацияға байланысты барлық металдар **қара және түсті** болып бөлінеді:

Қара металдарға темір және оның құймасы, марганец және хром жатады, себебі олардың өндірісі болат және шойын металлургиясымен тығызбайланысты. **Қалған барлық металдар түсті металдарға жатады.**

«Түсті металдар» деп бөлу тек шартты түрде, себебі тек алтын мен мыс шын мәнінде ашық көрінетін түске боялған.

Басқа барлық металдар, қара металдарды қоса алғанда, сұр түстің әр алуан реңктерін көрсетеді – ашық сұрдан қою-сұр түске дейінгі. Түсті металдар шартты түрде бес топқа бөлінеді:

1. **Негізгі ауыр металдар:** мыс, никель, қорғасын, мырыш және қалайы. Олар өз аттарын өндірілуі мен қолданылуының масштабының кеңдігінен (көптігінен), яғни халық шаруашылығында қолданылуының меншікті салмағының үлкенділігінен («ауырлығынан») алып отыр.

2. **Кіші ауыр металдар:** висмут, мышьяк, сурьма, кадмий, сынап және кобальт. Олар – негізгі ауыр металдардың табиғи серігі. Негізінен оларды жолай (қоса) алады, бірақ анағұрлым аз мөлшерде өндіреді.

3. **Жеңіл металдар:** алюминий, магний, титан, натрий, калий, барий, кальций, стронций. Осы топтың металдарының тығыздығы (меншікті массасы) барлық металдардың ішіндегі ең төменгі мәнге ие.

4. **Асыл металдар:** алтын, күміс, платина и платиноидтар (палладий, родий, рутений, осмий, иридий). Бұл топ металдары қоршаған ортаның және агрессивті ортаның әсеріне төзімді.

5. **Сирек металдар.** Өз кезегінде олар топшаларға бөлінеді:

а) баяу (қиын) балқитын металдар: вольфрам, молибден, тантал,

ниобий, цирконий, ванадий;

б) жеңіл сирек металдар: литий, бериллий, рубидий, цезий;

в) шашыранды металдар: галлий, индий, таллий, германий, гафний, рений, селен,

теллур;

г) лантаноидтар: скандий, иттрий, лантан және лантаноидтар;

д) радиоактивті металдар: радий, уран, торий, актиний және трансуран элементтері.

Металлургиялық өндірісте барлық дерлік пайдалы кендер түрлері қолданылады.

Металдарды алуға қажет негізгі кендер – тау жынысы, құрамындағы металы және металл емес заттарының мөлшері қазіргі кездегі байыту және металлургиялық техникалардың дамуына сай экономикалық тиімді тауарлық өнімге айналдыруға жеткілікті. Кендер құрамындағы минералдар – табиғи химиялық қосылыстар – кенді (пайдалы) және бос жыныстар болып бөлінеді. Бос жыныстарға шығарып алатын элементтері жоқ минералдар жатады, оларға кварц, карбонаттар, силикаттар, алюмосиликаттар кіреді.

Бос жыныстардың металлургиялық көзқарастан алғанда құндылығы төмен болса да, қалдықсыз технологияда шикізат ресурстарын толық игеруі қажет. Бос жыныстар көптеген құрылыс материалдарын (цемент, қож-мақта, шлактан алынатын қырланған кеспе тастар (брусчатка) және басқалар) алуда айтарлықтай табыспен қолданылады.

Кен құрамы химиялық анализ жасау арқылы анықталады. Практикада кенді қолдану үшін химиялық құрамынан басқа шикізатта кездесетін минералдардың түрін (минералдық құрамын) және барлық шикізат компоненттерінің минералдар арасында таралуын (фазалық құрамын) білу керек.

Минералдар құрамындағы металдарға байланысты түсті металдар кендері мынандай топтарға бөлінеді:

1) сульфидті, олардың құрамында металдар күкіртті қосылыс түрінде кездеседі. Мысалы, оларға мысты, мыс-никельді және қорғасын-мырышты кендер жатады;

2) тотыққан, бұл топта металдар әртүрлі оттекті қосылыстар күйінде (оксидтер, карбонаттар, гидроксидтер және тағы басқа) кездеседі. Бұл топқа алюминийлі, тотыққан никельді, қалайылы кендер және сирек металдар кендерінің қатары жатады;

3) аралас, бұл топта металдар сульфидті түрде, сонымен бірге тотыққан түрде (мыс кендері) болады;

4) бос күйінде (самородные) металдар бос күйінде кездеседі, мысалы, табиғатта алтын, күміс, мыс, сынап және платина бос күйінде бола алады.

Кен құрамында кездесетін металдар санына байланысты кендерді монометалды және полиметалды (кешенді) деп жіктейді. Көптеген түсті металдар кендері полиметалл кендеріне жатады, құрамында ең болмағанда екі құнды компонент болады. Құрамы бойынша ең күрделі кендер – мысты, мыс-никельді, қорғасын-мыс-мырышты кендер, оларда кемінде 10-15 бағалы металдар болады. Осындай құрамы бойынша күрделі кендерді өңдегенде олардың барлық құнды заттарын алып шығатындай жағдай жасау керек, яғни қалдықсыз технологияны қолдану қажет.

Кендер де басқа пайдалы қазбалар сияқты табиғи топтар құрады (топталады), оларды **кен орны** (кен шығатын жер) деп атайды. Кен орындарындағы бағалы заттардың мөлшері олардың жер қыртысындағы орташа мөлшерінен көп. Табиғатта ең көп тараған металл – алюминий (7,5%), ең сирек – полоний және актиний (олардың кларкі 10^{-15} жақын).

2-кесте. Жер қыртысында кейбір металдардың таралуы, %:

Al	7,50	W	$7 \cdot 10^{-3}$
Fe	4,70	Mo	$1 \cdot 10^{-3}$
Ca	3,40	Pb	$8 \cdot 10^{-4}$
Na	2,64	Sn	$6 \cdot 10^{-4}$
K	2,40	U	$5 \cdot 10^{-4}$
Mg	1,94	Se	$8 \cdot 10^{-5}$
Ti	0,58	Pt	$2 \cdot 10^{-5}$
Cu	0,01	Ag	$4 \cdot 10^{-6}$
Zn	0,02	Au	$5 \cdot 10^{-7}$
Ni	0,018	Re	$1 \cdot 10^{-7}$

Көптеген түсті металдар кендерінің құрамында металдар аз, сондықтан оларды байытады, яғни металлургиялық өңдеуге түсетін шикізаттар құрамындағы металдар мөлшерін жоғарылатады. Түсті металлургияда қолданылатын негізгі байыту әдісі – **флотация**. Байытудың алдында шикізат механикалық даярлаудан (эзірленуден) өтеді: уақтау (бөлшектеу), майдалау (ұсақтау), елеу.

Қазақстандағы ірі металлургиялық кешеннің бірі – **Өскемен металлургиялық кешені, оның құрамына:** мырыш зауыты, қуаттылығы шамамен 190000 т/жыл; қорғасын зауыты, қуаттылығы шамамен 144000 т/жыл; мыс зауыты, қуаттылығы шамамен 70 000 т/жыл (рафинирленген катодты мысты шығаруды 87 500 т/жыл көбейтуді жоспарлауда) және аффинажды өндіріс.

Ол зауыттардың өндірістік алаңы Өскемен қаласының ішінде, барлық өндіріс үшін жалпы ортақ инфрақұрылымы бар.

Мырыш зауыты стандартты технологияны қолданады: күйдіру, сілтісіздендіру, ерітіндіні тазарту және электролиз – тек аздаған ерекшеліктермен. Өткен ғасырдың 60-ы жылдары алғашқы зауыт ескі мырыш зауытын аздап өсіру үшін салынды (ескі зауыт қазіргі кезде пайдаланудан шығарылды). Біртіндеп кеңейе келе қазіргі кездегі өнімділікке (190000 т/жыл) жетті (металдық мырыш, мырыш-алюминий құймасы, мырыш сульфаты).

Зауыттың шикізаты – Малеевск кен ошағынан келетін мырыш сульфидінің концентраты (ол жерде мырыш мөлшері орташа 53,5%) және басқа кәсіпорындардан келеді. Концентраттар **үрлегіші бар оттегімен байытылған қайнатылатын қабатты күйдіру пештерінде** өңделеді. Күйдіру пештерінен шығарылатын газдар ұсталып, контакт әдісі бойынша күкірт қышқылына айналдырылады, ал күйдіруден кейінгі мырыш оғаркасы игеріліп біткен электролитпен сілтісіздендіріледі.

Мыс пен кадмийден тазартылған ерітіндіден электролиз арқылы катодты мырыш алады. Қорғасын өндірісінің мырышты шлагы өңделуі арқылы алынған вельцвозгондар мен шлаковозгондар шлак-возгонқақұрылғысында игеріліп біткен электролитпен сілтісіздендіріледі, хлор, мышьяк және сурьма қоспаларынан тазартылады да оғарка сілтісіздендіру циклына жіберіледі. Мырыш катодтары индукционды пештерде кесек құймаларға (слитки), Джумбо блоктарына қайта балқытылып немесе құймалар өндіруге қолданылып және ақырғы тұтынушыларға жіберіледі.

2012 жылдан бастап қорғасынды концентраттарды технологиялық балқымаға айналдыру үшін ISASMELT™ процесі қолданылады.

Инжиниринг Доберсек ГмбХ (Engineering Dobersek GmbH) компаниясы 2010-2013 жылдары Қазақстанның металлургиялық өндірушілері үшін жылдық өнімділігі 100000 тонна рафинирленген қорғасын құймасын алатын қорғасын балқыту зауытын жаңғыртуға (модернизациялауға) арналған жаңа проектке қатысты. Бұрыннан келе жатқан қорғасын балқыту зауытындағы стандартты агломиналар заманауи (қазіргі) шахтылы пешке ауыстырылды. Инжиниринг Доберсек ГмбХ (Engineering Dobersek GmbH) балқыту зауытының жалпы проектіне, базалық және жете (толық) проектилеуге, сонымен бірге келесі қосымша жүйелер және жабдықтар жеткізіп беруге жауапты болды:

- шихта дайындау;
- сумен суыту жүйесі;
- газ тазалау жүйесі;
- балқыту цехының желдеткіші және жылыту жүйесі;
- шлак құятын (құю) машинасы;
- тазартылмаған қорғасын шығару жүйесі.

Сондай-ақ проект бойынша жұмыс көлеміне құрылысты басқару, әкелінген жабдықтарды іске қосу және қызметкерлерді (жұмысшыларды) оқыту да қосылды (кірді). Негізгі компонентінің бірі қорғасын шлактарын құятын машина болды, ол шлак құймаларын жұмыс жасап тұрған шахталы пешке тотықсыздану үшін салады. Инжиниринг Доберсек ГмбХ (Engineering Dobersek GmbH) компаниясы толығымен автоматтандырылған екі линиялы өнімділігі 45-60 т/жыл құю машиналарын жобалады. Қорғасын шлактарын құю температурасы шамамен 1150°C болды.

Шлақтың салқындауы ауа көмегімен кәдімгі конвекция арқылы жүреді, сосын еріксіз (мәжбүрлі) конвекция арқылы және машина соңында шлак брикеттерін 300°C температурадан төмен салқындату үшін сумен бүркеді. Қорғасын зауытынан шығатын газдар өте ұтымды ұсталады, сосын суытылады, тазаланады да күкірт қышқылды қондырғыға жіберіледі. **Қорғасын зауытын жаңарту (жаңғырту) қоршаған ортаға зиянды заттардың шығуын елеулі түрде қысқартты.**

ISASMELT™ процесінде отқа берік футеровкалы стационар пеші және бір батпалы фурма қолданылады. Пешке үздіксіз концентраттар, отын және флюстер салынып отырады. Оттегімен байытылған ауа батпалы фурма арқылы беріледі және жоғары турбулентті ванна тудырады (жасайды).



Сурет. Қорғасын балқыту зауытының цехы

Бұл процестің артықшылығы бір қондырғыда бірнеше технологиялық операциялардың бірге атқарылуында, ұшқыш қоспалардың толық аулақтану мүмкіндігінде, шикізатты өңдеудің икемділігінде (оралымдылығында), меншікті өнімділігінің жоғарылығында және пайдалану шығынының төмендігінде.

Бұл процестің тағы бір тиімділігінің көрсеткіші – қайта өңдеуге екіншілік шикізаттың үлкен көлемен қолдану.

ISASMELT™ балқыту процесі отынға қатысты ерекше (айрықша) экономды және технологиялық қажеттілікте қолданылатын екіншілік энергоресурстарды (бу) өндіруге жағдай туғызады.

Заманауи жабдықтардың қолданылуы және шихтаның дайындалуынан бастап балқуына дейінгі технологиялық процестің автоматтандырылғаны қол еңбегінің үлесін біраз төмендетеді.

Мырыш зауытында шлақтың возгонкасы мырышты шығарып алу үшін қайта өңделеді, ал ысырылатын (отвальный) шлак үйіндіге лақтырылады. Тазартылмаған мыстың мардымсыз мөлшері штейннің конвертирленгенінен соң тұтынушыларға жіберіледі.

Тазартылмаған қорғасын мыстан, теллурдан, мышьяктан, сурьмадан, висмуттан, алтын мен күмістен рафинирленіп (тазартылып), құймалары (чушки) тұтынушыларға жіберіледі. Өндірілген қорғасын сапасы 99,985 % құрайды.

Қорғасын зауытының ажырамас бөлігі болып табылатын аффинажды цехта мына процестер қолданылады:

- қорғасынның тазартылу процесінде жиналған күміс қабыршақтарынан Доре құймасы өндіріледі;

- Доре құймасын гидрометаллургиялық немесе электролиттік өңдеу арқылы алтын, күміс және платина тобының металдарын алады.

Алтын кесек күйінде, күміс кесек және ұнтақ күйінде де шығарылады. Қазмырыш компаниясы шығаратын алтын мен күміс кесектерінің тазалығы (99,95 %) LBMA (бағалы металдардың Лондон биржасы) стандарты “DEER” брендіне сәйкес келеді. Қорғасын өндірісінің жаңғыртылған (жетілдірілген) процестері қорғасын өндірісі кезіндегі мынандай кемшіліктерді жоюға әкелді:

- импортталатын коксті айтарлықтай қолдануға;

- мырыш зауытының мысы бар өнімдерін (кіріккен (цементационная) мыс) қайта өңдеуге мүмкін еместігі және олардың қорлануы жергілікті қоршаған ортаға үлкен қауып төндіреді.

- күкірт мөлшері аз болғандықтан, пайдалану тиімді еместіктен, олар атмосфераға шығарылады. ISASMELT™ процесі Қазмырыш компаниясына «Жаңа Металлургия» проекті аясында енгізілген.

Қорғасын зауытының жылдық қуаты тазаланған қорғасын («УКСУК») бойынша 144000 т, тазаланбаған мыс бойынша 7000 т, сонымен бірге аздаған мөлшерде селен, индий, теллур, таллий, сынап және сурьмалы концентратты құрайды.

Қазмырыш (Казцинк) 2011 жылы мыс зауытын салды.

Қорғасын және мырыш зауыттарымен бір алаңда бірден-бір ерекшеліктегі технологиялық схемасы бар мыс зауытының іске кірісуі максимал мөлшерде кешенді түрде шикізаттан пайдалы компоненттерді шығарып алуға мүмкіндік береді. Мыс зауытының технологиялық схемасы жоғары ұйымдастырылған процестер мен заманауи балқыту технологиясын біріктіреді және келесі технологиялық ондауларды (жөндеуді) қамтиды:

- Isasmelt (Австралия) заманауи технологиясын пайдаланып, мыс концентраттарын және аралық өнімдерді балқыту;

- Demag (Германия) фирмасының пешінде штейн және шлак алу үшін электробалқыту жүргізу;
- Outotec (Финляндия/Швеция) фирмасының Пирс Смит конверторларын пайдаланып, мыс штейнін конвертирлеу;

- Maerz Gauchi (Германия) фирмасының пешінде тазартылмаған мысты анодты рафинирлеу;
- Isa Process (Австралия) технологиясы бойынша электролиз жүргізіп рафинирленген катодты мыс алу.

Isasmelt пеші мыс концентраттарын және мысы бар ағымдағы аралық өнімдерді балқытып штейн-шлак балқытқыш алады, одан әрі одан **мыс, алтын және күмісі** бар штейн алу үшін электропеште бөлуді жүргізеді.

Мыс штейні Пирс Смит конвертирінде таза емес мыс алу үшін өңделеді. Isasmelt жүйесі жұмыс жасағанда түзілген шаң мен шлак Қазмырыштың байыту фабрикасына жеткізіледі де оларда қалған бағалы компоненттерді байытады және гидрметаллургия әдістері арқылы шығарып алады. Шаңнан тазартылған газ жаңа күкірт қышқылды зауытқа күкіртті ангидрид алу үшін жеткізіледі. Тазартылмаған мыс анодты рафинирленгеннен соң МОК, МООК маркалы мыс алу үшін (мыс мөлшері 99,97 и 99,99 % сәйкесінше) электролизге ұшыратылады.

Аффинажды өндіріс. Қорғасынды рафинирлеген кезде алынған күмісті мырыш көбігі күмісі бар қорғасын алу үшін электротермиялық әдіспен өңделеді. Ары қарай күмісі бар қорғасын купеляциондық пештерде Доре құймасын алу үшін өңделеді. Доре құймасы **аффинирленген күміс** алу үшін электролиттік рафинирленуге жіберіледі.

Аффинирленген алтын алу Қазмырыш жасаған технология бойынша екі технологиялық схемамен жүреді:

- тазартылмаған алтын анодтарын электрорафинирлеп;

- тазартылмаған алтынды алдымен химиялық жолмен ерітіп, соңынан таза алтынды селективті тұндырып (тұнбаға түсіріп), аффинирленген алтын кесек (слитки) түрінде шығарылады (Au мөлшері 99,99%).

Аффинажды өндіріс қуаты алтын бойынша 52 т/жыл дейін және күміс бойынша 990 т/жыл дейін, екі металл да Good Delivery реестріне (Лондондағы бағалы металдар биржасы, Deeg маркасы) енгізілген. Алтын мен күміс мыс электролитті шлам күйінде купеляция бөліміне Доре құймасын алу үшін жіберіледі.

Электрохимиялық металлургия тауарлық металдарды тұтас (компакты) түрде немесе металдық ұнтақ күйінде алуға жағдай туғызады. Барлық электрохимиялық металлургиялық тұтас түрдегі (компакты) металдар алу технологиясы: **электроэкстракция немесе электрорафинирлеу.**

Практикада барлық түсті металдарды негізінен электролиз әдісін қолдану арқылы алады.

Негізгі «жұмысшы» электрохимиялық реакция катодта мына схема бойынша жүреді: $M^{n+} + ne^{-} \rightarrow M$, мұндағы M^{n+} – электролиттегі металл ионы, M – электрохимиялық реакция өнімі. Ол – электрохимиялық технологияның мақсатты өнімі. Электролизді қолдану арқылы мына металдарды алады: мыс, алюминий, магний, никель, мырыш, кадмий, күміс, алтын және басқа металдар. Электрохимиялық процестерде электролит ретінде сәйкес тұздардың сулы немесе суусыз ерітінділері немесе балқымалары қолданылады. Балқымалар

электролизі арқылы электрохимиялық активті бағалы емес металдар (алюминий, магний

және

басқа) алынады. Жартылай бағалы және бағалы металдар көбінесе сулы ерітінділер электролизі арқылы алынады.

Электроэкстракция металдарды сулы, суусыз ерітінділерден және балқымалардан алуға мүмкіндік береді.

Электроэкстракция кезінде ерімейтін анодтар қолданылады. Яғни анодта металдың тотығуы болмайды, оның орнына электролиттегі басқа компонент тотығады. Сулы ерітіндіні қолданғанда тотығатын компонент су (H_2O) молекуласы болады. Хлоридті ерітінділер немесе балқымаларды қолданғанда анодта хлорид-ионы тотығып, хлор бөлінеді.

Екінші жағдайда (электрорафинирлеу кезінде) еритін анодтар алынады, сонда олардың өзі мына схема бойынша анодты электрохимиялық реакцияға қатысады:

$M \rightarrow M^{n+} + ne^{-}$, мұндағы M – еритін анодтың металы, e^{-} – электрондар электр тізбегіне кетеді, себебі анодты электрохимиялық реакцияда электрондар реакция өнімі болып табылады. **Электрорафинирлеу** – тазартылмаған металдан пирометаллургиялық әдіс арқылы техникалық мақсаттарға қолданылатын таза металл алу процесі. Пиро – алғашқы шикізатты жоғары температуралық технология арқылы өңдеу, нәтижесінде мүмкіндігінше меншікті қаражат шығынымен жеткілікті тазалықтағы металл алынбайды. Сондықтан ондай металдарды электрохимиялық технологияға негізделген қосымша тазалау операциясына жібереді.

Электрохимиялық металлургия өнімінің бірі – мыс металы.

Мыс – жұмсақ, тұтқыр, қақтауға төзімді қызыл түсті металл, механикалық өңдеуге оңай түседі. Оңай жұқа қаңылтырға айналдырылады және сымға созылады. Мыстың $20^{\circ}C$ температурада жылу өткізгіштігі $0,941 \text{ кал/см}\cdot\text{сек}\cdot^{\circ}C$, электр кедергісі $1,68\cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{см}$, меншікті жылу сыйымдылығы $0,092 \text{ кал/г}\cdot^{\circ}C$. Мыс диамагнитті. Мыстың балку температурасы $1083^{\circ}C$, қайнау температурасы – $2325^{\circ}C$. Маңызды қасиеті – электр өткізгіштігі (тек күмістен ғана кейін). Қоспалар оның электр өткізгіштігін төмендетеді, сондықтан электротехникада жоғары дәрежелі тазалықтағы мыс қолданылады. Мыс сонымен бірге жоғары жылу өткізгіштігімен де ерекшеленеді.

Жоғары электр өткізгіштігі оны түсті металдар ішіндегі қазіргі электр өнеркәсібінде қолданылуына байланысты бірінші орынға қояды.

Мыс аз активті, бірақ тікелей оттегімен, күкіртпен, галогендермен және кейбір басқа элементтермен қосылады.

Қалыпты температурада және құрғақ ауада мыс инертті болып қала береді, бірақ ылғалды ауада құрамында егер CO_2 болса, мыс тотығып, улы негізгі карбонаттан $CuCO_3\cdot Cu(OH)_2$ тұратын қорғаныш қабатпен жабылады.

Мыс және оның сульфиді алтын мен күмісті жақсы ерітеді, сондықтан бұл бағалы металдарды мысты рафинирлеген кезде бөліп алады.

Конструкциянды болатқа мысты қосса, болаттың аққыштық шегі жоғарылайды, коррозияға төзімділігі және шынығуы артады. Темірдің коррозияға төзімділігі арту үшін оған 0,5% мыс қосады. Егер бір уақытта шойын құрамында титан (0,08 - 0,15%) және мыс (0,35 - 0,5%) болса, одан жасалған бұйымдардың тозуға төзімділігі артады.

Мыстың ең көп мөлшері электр өнеркәсібінде қолданылады. Себебі таза мыс электр тоғын өте жақсы өткізеді, тек күмістен кейін. Сондықтан өндірілген мыстың 50%-тен көбі мыс сымдарын, коллекторлар және тағы басқа жасауға

жұмсалады.

Электрлік рафинирленгеннен соң мыс металы электр өнеркәсібінің барлық талаптарына жауап бере алады.

Электрлік мыс электротехникада қолданылатын кабель өндірісіне, сым бұйымдарын жасауға кетеді.

Престелген және қақталған жоғары сапалы бұйымдарды да электрлік мыстан жасайды.

Қазіргі өркениеттің негізгі металдарының біріне де мыс жатады. Әлемдік түсті металдарды қолдануда және өндіруде мыс тек алюминийден кейін екінші орынды (алюминий, мыс, қорғасын, мырыш, никель) иеленеді.

Мыстың әлемдік қорының үлкен бөлігі Оңтүстік және Солтүстік Америкада. Ірі (көлемді) қоры Чили мен АҚШ-та шоғырланған, сондықтан мыс нарығының жағдайы негізінен Америка континентіне байланысты.

Чили мен АҚШ-тан басқа мыс қорының 80%-і басқа 17 елде шоғырланған. 3-кестеде мыс қорына бай елдер тізімі берілген.

3-кесте. Мыс қоры және мыстың кендердегі мөлшері дәлелденген елдер тізімі (Дерек алынды: USGS, Mineral commodity Summaries).

Мемлекет	Қоры, мың.т	Әлемдік үлесі,%	қордағы	Кендегі мөлшері,%	Cu
Чили	119599		19,88	1,01	
АҚШ	76176		12,66	0,65	
Қытай	40000		6,65	1,0	
Қазақстан	37000		6,15	0,45	
Польша	22200		3,69	1,85	
Заир	19400		3,23	3,97	
Замбия	18000		2,99	2,75	
Өзбекстан	15500		2,58	0,40	
Индонезия	15366		2,55	1,28	
Иран	10150		1,69	1,10	

Кестеден ТМД елдері ішінде Қазақстан мен Өзбекстан, Еуропа елдерінен – Польша ең көп қорға ие елдер.

Мыстың негізгі шикізаты – сульфидті кендер. Қазіргі уақытта сульфидті кендерден барлық алғашқы мыстың 85-90% өндіріледі.

Мыс алудың негізгі көздері кендер және олардың байытылған өнімдері концентраттар – екіншілік шикізаттар. Мысты алудың жалпы көлемінің 40

% жуығы қазіргі кезде екіншілік шикізат үлесіне тиісілі. Мыс кендері толығымен полиметалл кендеріне жатады. Мыстың монометалды кені табиғатта жоқ. Кендердегі мыстың бағалы серіктеріне 30 шақты элементтер жатады, олардың негізгілері: мырыш, қорғасын, никель, кобальт, алтын, күміс, платина тобының металдары, күкірт, селен, теллур, кадмий, германий, рений, индий, таллий, молибден, темір.

Мыс кендерінің бағалылығы олардың құрамында бағалы металдардың және сирек металдардың – селен, теллур, рений, висмут және басқаболуымен жоғарылайды.

Пирометаллургиялық мыстың 1 тоннасында 200 г алтын, 2 кг-ға дейін күміс болады. Электролиз нәтижесінде бұл бағалы металдар шламдар түрінде бөлінеді.

Шлам – ұнтақталған қатты металл, ары қарай таза алтын мен күмісті бөлу үшін және алу үшін өңделеді. Мысты рафинирлеу кезінде алынған алтын мен күмістің бағасы толығымен электролиз жүргізуге кеткен шығынды жаба алады.

Осы процестің схемасы былай: анодты процесте мыс еріп электролитке

өтеді:



Электролиттен катодты реакция нәтижесінде мыстың

таза катодты

тұнбасын алады:



Катодта өсетін мыс тұнбасы дiңгек тәрiздi структуралы болады, оған электролитке енгiзетiн арнайы заттар – өсудi реттейтiн заттар және тағыбасқа электролиз параметрлерiнiң жағдайлары әсер етуi мүмкiн. Тазартылмаған анодты мыстағы күмiс және алтын металдарының атомдары осы таңдалған жағдайда тотықпайды, өздерiнiң кристалдық структурасын қалыптастырады және шлам түзедi. Шлам бөлшектерi электролизер түбiне шөгедi, оларды сосын арнайы әдiстермен жинайды және процестiң басқа стадияларына жiберiледi.

Сонымен, 1 тонна мысты рафинирлеу процесi нәтижесiнде 1 кг-ға дейiнкүмiс және 200 г-ға дейiн алтын алады.

ЖОҒАРЫ САПАЛЫ МЫС ӨНДІРІСІНІҢ ӘДІСТЕРІ

Металлургия өндiрiсiнiң негiзгi өнiмi – металдар. Түстi металлургияда қолданылатын технология мен құрамына байланысты металдар тазартылмаған және рафинирленген (тазартылған) болып бөлiнедi. *Тауар өнiмi, яғни тұтынушы ары қарай қолданатын металдар рафинирленген болуы қажет.*

Тазартылмаған металдар деп қоспалармен ластанған металдарды айтады. Мыс пен никельде зиянды қоспалармен бiрге бағалы да элементтер

– негiзгi металдың серiктерi – бiрге болады. Зиянды қоспалар сол металға тән қасиеттердi (электр өткiзгiштiктi, созылғыштықты, коррозияға тұрақтылықты және тағы басқа) нашарлатады және олардың тiкелей қолданылуын жарамсыз етедi. Керiсiнше, бағалы металдар, селен, теллур, германий, индий, висмут және көптеген басқа металдар өз беттерiнше құнды, сондықтан оларды сәйкес өнiмдер ретiнде бөлiп алу өте қажет, бұл жағдайдың үлкен экономикалық маңызы бар. **Тазартылмаған металдарды мiндеттi түрде қоспалардан тазартады – рафинирлейдi.**

Кей жағдайларда тазартылмаған металдарды өндiрушiлер мен тазалауға түсетiн зауыттар арасында тазартылмаған металдардың сапасы салалық стандарттармен немесе техникалық шарттармен айқындалуы туралы өзара келiсiм болады.

Кез келген металлургиялық өндiрiстегi сияқты мыстың металлургиясының соңғы мiндетi де өңделетiн шикiзаттан металл күйiнде немесе химиялық қосылыс күйiнде мысты алу болып табылады. Практика жүзiнде бұл мiндет шикiзаттың бағалы бөлiгiн бос жыныстаркомпоненттерiнен бөлiп алатын арнайы металлургиялық процестер көмегiмен шешiледi.

Кендерден, концентраттардан немесе басқа металы бар шикiзаттардан металл өнiмдерiн бөлiп алу – айтарлықтай қиын мәселе. Әсiресе мысты және никельдi кендер үшiн өте күрделi, себебi бұл кендер салыстырмалы түрде кедей және құрамы бойынша күрделi полиметалл шикiзатына жатады. Осы сияқты шикiзатты металлургиялық әдiспен өңдегенде негiзгi металдарды алумен қатар барлық бағалы компоненттердi кешендi түрде дербес тауарлық өнiм ретiнде жоғары деңгейде бөлiп алу қажет. Сонымен металлургиялық өндiрiс өңделетiн шикiзаттың барлық компоненттерiн бөлiп алып, толық пайдаланылатын өнiмдерге айналдырып, қалдықсыз (бос жыныстар үйiндiлерiнсiз) технология құру қажет.

Жоғарыда айтылғандай, мыс кендерiнiң негiзгi массасы мыстың, темiрдiң қосылыстарынан және бос жыныстардан тұрады, сондықтан бұл кендердi металлургиялық өңдеудiң соңғы мақсаты – бос жынысты, темiр мен күкiрттi (егер сульфидтi шикiзiттi өңдеген болса) толық кетiрiп, металлургиялық өнiмдi алу.

Күрделi полиметалл шикiзатынан жоғары тазалықтағы металды алу үшiн тек бiр металлургиялық процестi қолдану немесе бiр металлургиялық агрегатты қолдану жеткiлiксiз. Бұл мәселе қазiргi уақытқа дейiн өңделетiн шикiзаттың компоненттерiн бiртiндеп бөлiп алатын бiрнеше бiрiнен соң бiрiжүретiн процестер арқылы жүзеге асуда.

Қолданылатын барлық металлургиялық процестiң кешенi (комплексi), яғни дайындық және қосымша операциялардың технологиялық схемалары бөлiмшеде (учаскеде), бөлiмдерде, цехтарда немесе өндiрiстiң өзiнде қалыптасады. Мысты өңдеумен айналысатын барлық өнеркәсiптерге көп сатылы технологиялық схема тән.

Кез келген металлургиялық процестердiң негiзiнде өңделетiн шикiзатты бiр бiрiнен құрамы және физикалық қасиеттерi бойыншаерекшеленетiн екi, үш және одан да көп фазалы гетерогендi жүйеге ауыстырупринципi жатыр. Бұл жағдайда фазалардың бiрi бөлiнiп алынатын металмен байытылады және онда қоспалар мөлшерi төмендейдi, ал басқа фазаларда, керiсiнше, негiзгi компонент мөлшерi азаяды. Алынған фазалардың кейбiр физикалық қасиеттерi (тығыздықтары, агрегаттық күйi, дымқылданғыштығы (сулануы), ерiгiштiгi және тағы басқа) бойынша айырмашылығы оларды бiр-бiрiнен қарапайым технологиялық әдiстермен, мысалы, тұндыру және фильтреу арқылы бөлiп алуға мүмкiндiк жасайды.

Заманауи металлургиялық процестер мына жағдайларды қамтамасыз етулерi қажет:

1. өңделетiн шикiзаттың жоғары дәрежеде кешендi қолданылуын;
2. металлургиялық аппараттардың меншiктi өнiмдiлiгiнiң жоғарылығын;
3. энергия шығынының аздығын;
4. екiншiлiк энергия қорларын максималды қолдануды;
5. iске қосқанда, жөндегенде және жұмыста ыңғайлы, қарапайым,арзан аппаратураларды қолдануды;

6. жоғары дәрежеде кешенді механизациялау және автоматтандыруды;
7. еңбектің жоғары өнімділігін;
8. еңбек жағдайларын қауіпсіз және зиянсыз етуді;
9. атмосфераға зиянды заттардың шығуын жоюды;
10. максималды экономикалық тиімділікке жетуін.

Заманауи технологияға қойылатын ең негізгі және маңызды талап – ол шикізатты жоғары дәрежеде кешенді қолдану.

Шикізатты кешенді қолдану түсінігіне кендегі барлық бағалы заттарды – мысты, никельді, мырышты, кобальтті, күкіртті, темірді, бағалы металдарды, сирек және шашыранды элементтерді – жоғары дәрежеде бөліп алу, сонымен бірге кеннің силикатты бөлігін де пайдалану жатады.

Өңделетін сульфидті кендер мен концентраттар жоғары жылу шығарғыштық қасиетке ие, сондықтан тек бағалы заттардың көзі ғана болып қоймай, сонымен бірге технологиялық отын да болады. Сондықтан шикізатты кешенді пайдалану түсінігіне оның ішкі энергетикалық мүмкіндігін де пайдалану қажет болатын жағдайы кіру керек.

Мыс кендері мен концентраттарының минералдық құрамы бірдей, тек әр түрлі минералдардың сандық қанынастарымен айырмашылықта болады. Олай болса, оларды металлургиялық өңдеудің физика-химиялық негізімүлдем бірдей болады.

Құрамында мысы бар шикізаттарды металдық мыс алу үшін өңдеуге пирометаллургиялық және гидрметаллургиялық процестер қолданылады.

Дүние жүзілік мыс өндірудің жалпы көлемінің 85 % -ке жуығы пирометаллургиялық әдіс үлесіне тиеді.

Пирометаллургиялық технология бойынша алғашқы шикізат (кендер немесе концентраттар) тазаланбаған мыс алуға, сосын ары қарай оның міндетті түрде тазалануына (рафинирленуіне) негізделген. Егер мыс кендерінің немесе концентраттарының негізгі массасы мыс пен темірсульфидтерінен тұратынын еске алса, онда пирометаллургияның ақырғы мақсаты – тазаланбаған мыс алу – толығымен бос жынысты, темірді және күкіртті кетіру болады.

Ең көбірек тараған технология міндетті түрде келесі металлургиялық процестерді қолдануды көздейді:

- штейн үшін балқыту;
- мыс штейнін конвертирлеу;
- мысты отты және электролитті рафинирлеу.

Кей жағдайларда балқыту алдында алдын ала сульфидті шикізатты тотықтыратын күйдіруге түсіреді. Күйдіруді күкіртті жарым-жартылай кетіру үшін және балқытқан кезде темірдің және басқа элементтердің сульфидтерінің процестің соңында оңай шлактанатын оксидтерге айналуы үшін жүргізеді. Күйдіру нәтижесінде сульфидтердің көп бөлігі оксидтерге айналады, біраз бөлігі оксид күйінде ұшып кетеді.

Күйдіру кезінде кей элементтердің кетірілу дәрежесі, % (олардың алғашқы шикізаттағы мөлшерінен):

As	Sb	Bi	Se	Te	Pb	Zn
60...80	20...40	10...15	25...50	25...50	5...10	5...7

Құрамында алғашқы кен шикізаттарына және өңдеу технологиясына байланысты 10...12-ден 70...75%-ке дейін мысы бар мыс штейндерді негізінен конвертирлеу әдісімен өңдейді.

Конвертирлеудің негізгі мақсаты – темір мен күкірттің және басқа да бірге жүрген (ілеспелі) компоненттердің тотығуы әсерінен тазаланбаған мыс алу. Бағалы металдар (алтын мен күміс) және селен мен теллурдың негізгі бөлігі тазаланбаған металда қалады.

Соңғы өнімнің, тазаланбаған мыстың, химиялық құрамы негізінен 6- кестеде көрсетілгендей болады.

4- кесте. Конвертирленгеннен соң тазаланбаған мыстың химиялық құрамы

Cu	S	Fe	Ni	Pb	As	Sb	Bi	Sn	Zn	Au	Ag	Se
97,5 - 99,5	0,03 - 0,35	0,01 - 0,15	0,1 - 0,5	0,05 - 0,26	0,03 - 0,3	0,03 - 0,2	0,05 дей- ін	0,1 дей- ін	0,03 дей- ін	0,003- 0,04	0,002- 0,3	0,1 дей- ін

Тазаланбаған мысты массасы 1200 кг дейін кесек түрінде және электролиттік рафинирлеуге жіберілетін анод ретінде шығарады. Мысты рафинирлеу отты және электролиттік әдістермен жүргізіледі.

Отты рафинирлеудің мақсаты алдын ала жүргізілетін (электрохимиялық тазалау алдында) сатыда мысты біраз оттегіге қосылғыштығы жоғары қоспалардан тазалап, мысты келесі электролиттік рафинирлеуге дайындау. Отты рафинирлеу әдісінде балқыған мыстан максималды мөлшерде күкіртті, оттегіні, темірді, никельді, мырышты, қорғасынды, мышьяқты, сурьманы және еріген газдарды кетіруге тырысады (ұмтылады). Тазартылмаған мыс тікелей техникалық қолдануға жарамсыз, сондықтан оны міндетті түрде зиянды қоспалардан тазалау үшін және сонымен бірге бағалы металдарды, селен мен теллурды бөліп алу үшін рафинирлейді.

Мыстың миллиондаған бөлшегіне мына элементтердің селен, теллур және висмуттың бірнеше бөлшегі келсе, мыстың электр өткізгіштігі және мыстың өңделушілігі нашарлайды, яғни рафинирленген мысты қолданатын ірі өндіріске – кабель өндірісіне – қажетті қасиеттері өзгереді. Электролиттік рафинирлеу – электротехникада қолданылатын мысқа қойылатын талапқа жауап бере алатын бірден-бір әдіс.

Мысты электролиттік рафинирлеудің мәні:

құйма анодтарды (отты рафинирленген мыстан құйылған) және катодтарды электролитпен толтырылған электролиттік ваннаға кезекпен іледі де, осы жүйе арқылы тұрақты ток өткізеді. Электролиттік рафинирлеуде екі негізгі мәселелер шешіледі:

- мыстың қоспалардан терең тазалануы жүреді;
- ілеспе бағалы компоненттерді шығарып алады.

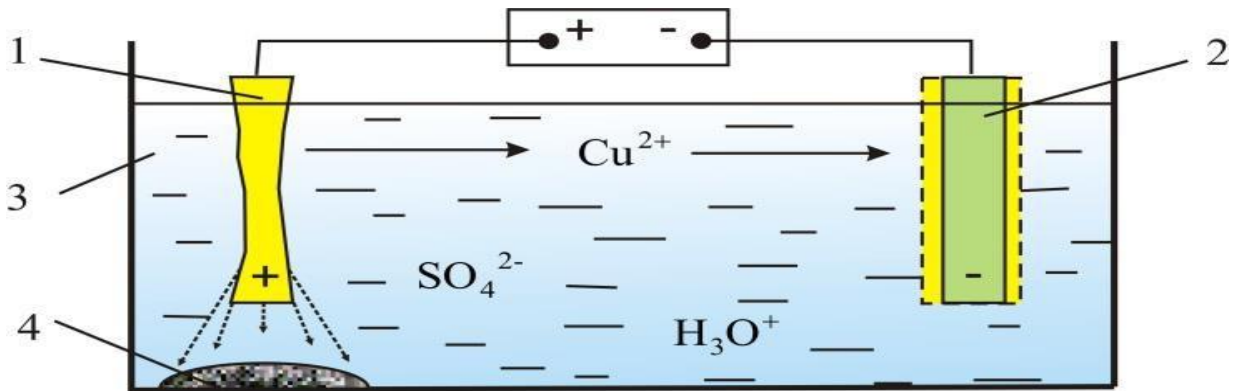
Электролиттік рафинирлеу нәтижесінде мыс жоғары тазалықта (99,90...99,99 % Cu) болады.

МЕСТ бойынша жоғары маркалы электролиттік мыста 0,04% -тен аспайтын қоспа болуы керек.

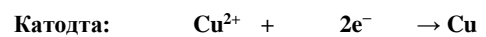
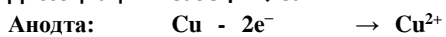
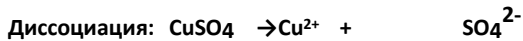
Алғашқы мыста бағалы металдар мөлшері жоғары болған сайын, электролиттік мыстың өздік құны төмен болатынын атаған жөн. Мысты электролиттік рафинирлеу үшін отты рафинирленгеннен соң алынған анодты күкірт қышқылымен толтырылған электролиздік ваннаға іледі. Ванналарда анодтар арасында жұқа мыс қаңылтырлардан жасалған – катодтар ілінеді.

Электролит – мыс сульфатының сулы ерітіндісі (160...200г/л) және күкірт қышқылы (135...200г/л), оларға коллоидты қоспалар қосады, сонда бұл электролит 50...60 г/т Cu мыс алуға жетеді. Коллоидты қоспа ретінде көбінесе ағаш желімдейтін желім және тиомочевина алынады. Оларды қосу катодқа қонатын тұнбаның сапасын (структурасын) жақсартады. Электролиттің жұмысшы температурасы – 50...55°C. Мыс электролизі жүрген кезде ток тығыздығы көбінесе 240-300А/м² болады.

Ванналарды тұрақты ток көзіне қосқанда анодта мыстың электрохимиялық еруі жүреді, катиондар электролиттер арқылы тасымалданып, катодтың бетіне шөгеді. Мыс қоспалары шламмен (ванналар түбіне шөккен тұнба) электролит арасында таралады. 9-суретте электролиттік рафинирлеу процесінің схемасы берілген.



Мыстың электролиттік рафинирлеу процесінің схемасы: 1 – анод; 2 – катод; 3 – электролит; 4 – шлам



МЫСТЫ РАФИНИРЛЕУГЕ АРНАЛҒАН ЭЛЕКТРОЛИТ ҚҰРАМЫ

Мысты рафинирлеуге қолданылатын электролит жоғары электр өткізгіштікке ие болуы керек және тығыз, таза мыс шөгінділерін алуды қамтамасыз етуі қажет. Катод маңындағы қабатты мыс иондарымен қамтамасыз ету үшін мыс концентрациясы жоғары болуы керек, оның төмендеуі, әсіресе токтың жоғары тығыздығында, қарқынды түрде **дендриттердің** түзілуіне әкеледі.

Рафинирлеуді тек мыс сульфаты ерітіндісінің өзінде ғана іске асыруға болады, бірақ мұндай электролиттің электр кедергісі үлкен мәнге ие, ол электр энергиясының меншікті шығынын арттырады. Сондықтан электролитке электр өткізгіштігі жоғары күкірт қышқылын (H_2SO_4) қосады. Сонымен қатар ол мыс гидроксидінің немесе оның негіздік тұздарының коллоидты бөлшектер түзуіне кедергі келтіреді, ол бөлшектер тұнба түзіліп жатқан кезде тұнбада адсорбцияланады да, тұнбаны ластайды және разрядталу (мыстың катодта бөліну) механизмін өзгертеді. Сондай-ақ күкіртқышқылы жеңіл регенерацияланады, арзан әрі қолжетімді.

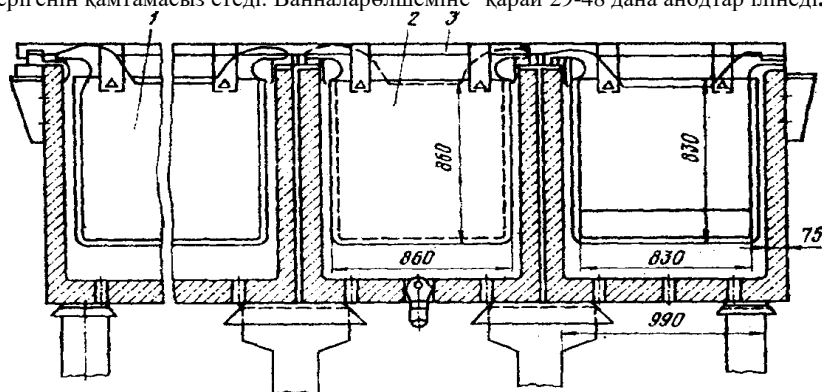
Әртүрлі кәсіпорындарында $Cu(II)$ ионының электролиттегі концентрациясы 35-50 г/дм³, ал күкірт қышқылының – 120-200 г/дм³ құрайды. Мұндай электролит жоғары электр өткізгіштікпен сипатталады және электр энергиясының меншікті шығынын тиімді қамтамасыз етеді, ал жоғары концентрацияларда электролит пен шламның тұтқырлығы артады, сонымен бірге анодтардың тұзбен пассивтенуі де мүмкін.

Мысты рафинирлейтін электролитте үнемі анодтан келетін қоспалар болады. Электролиз процесіне және катодты тұнбаның сапасына әсер ету дәрежесіне байланысты қоспалардың концентрацияларының әртүрлі мәніне рұқсат етіледі. Никель ионының шекті рұқсат етілген концентрациясы 20-25 г/дм³, бірақ кейбір кәсіпорындарында шикізаттың ерекшеліктеріне байланысты оның мөлшері 36г/дм³ жетеді. Сурьманың концентрациясының өсуіне қарай рафинирлеу эффектісі төмендейді. Электролиттегі мышьяк мөлшері < 15 г/дм³ маңында болуы қажет.

Электролиттік рафинирлеу үшін тұтас құйылған темірбетонды төрт бұрышты жәшік тәрізді ванналар қолданылады. Ванналардың ішкі жағы винилпластпен, шыныпластикпен, полипропиленмен, қышқылға төзімді бетонмен қапталады.

Электролиттік ванналарды 10-20 ваннадан тұратын блоктарға, оны екі блокты серияларға (топтамаларға) топтастырады.

Анодтар мен катодтарды кезек іледі. Ваннадағы катод саны әрқашан біреуге көп болады, ол анодтың біркелкі ерігенін қамтамасыз етеді. Ванналарөлшеміне қарай 29-48 дана анодтар ілінеді.



Темірбетон ванналар блогының көлденең тілігі

1 – анод; 2 – катод; 3 – катодты штанга

Анодтың еруі әдетте 20-30 тәулікке созылады және ол оның қалыңдығы мен электролиз режиміне байланысты. Бастапқы заттың 12-18% құрайтын анодты қалдықтарды (скрап) анодты пештерде қайта балқытады. Анодтардың жұмыс істеу уақытында катодтардың 2-3 ауыстырылуы болады. Катодтардың шығарылу уақыты жеткенде олардың массасы 60-140 кг құрайды. Катодтар электролит қалдықтарынан жақсылап жуылады, сосын тұтынушыларға жіберіледі немесе қайта балқытылады.

Қазіргі заманғы зауыттарда мысты электролиздеу кезінде жұмсалатын электр энергиясы 230-350 кВт•сағ./т мыс құрайды.

Катодты мысты көбінесе қайта балқытады және арнайы кесектер (слитки) – **вайербарстарға** құяды (1500 мм ұзындығы, 100x100 мм кесігі), ол ары қарай прокатка және созылатын сым дайындамалары үшін қолданады.

Шламда бағалы және сирек кездесетін металдар концентрленеді. Шламдарды арнайы аффинажды зауыттарда алтынды, күмісті, селенді және теллурді бөліп алу үшін қайта өңдейді. Шламнан алынатын компоненттерінің бағасы көп жағдайда мысты рафинирлеуге кеткен шығындардың орнын жабады.

Электролиттегі жетекші қоспа – ол шекті рұқсат концентрациясына бәрiнен бұрын жететiн қоспа.

Құюдың көптеген операциялары автоматтандырылған, соның ішінде – қалыптан (изложницы) анодты қазып алуды жеңілдету үшін бариттің суспензиясын беру. Анодтарды қалыптан істік (қада) көмегімен шығарып алады. Анод массасы 295 кг болады. Анод ілгіштерінің (25мм) қалыңдығы бүкіл анодтың қалыңдығына қарағанда кіші болады. Ішкі жағынан шинамен (өткізгіш жуан сым) байланысты (контакт) жақсарту үшін оларды жұқартады

Ұсынылған әдебиеттер тізімі

Негізгі әдебиет:

1. Миомандр А.В. Электрохимия. М. 2008г.
2. Кудреева Л.К., Курбатов А.П. Гальваникалық қаптамалар алудың технологиясы бойынша практикалық жұмыстарды орындауға оқу - әдістемелік құралы, 2009. – 34 б.
3. А.М. Аргимбаева, Б.Д. Бүркітбаева, Р.А. Нурманова. Электрохимияның таңдамалы тараулары, 2013. – 108 б.
4. Кудреева Л.К. Гальваникалық қаптамалар алу технологиясы, 2021. – 184 б.
5. Аргимбаева А.М. Талдаудың физика – химиялық әдістері, 2013. - 204 б.
6. Башов А.Б., Башова А.К. Электрохимия, 2014. - 204 б.
7. Кудреева Л.К., Курбатов А.П. Руководство по выполнению работ практикума «Технология электрохимических производств – Алматы: Қазақ университеті 2015, - 56 б. ISBN 978-601-04-1472-3
8. Кудреева Л.К., «Электрохимиялық өндірістер технологиясы» курсы бойынша практикалық жұмыстарды орындауға нұсқаулық – Алматы: Қазақ университеті 2015, - 52 б. ISBN 978-601-04-1295-8