

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 4 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/UNEK4627>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

FTAMP 53.39.31

<https://doi.org/10.48081/DIMQ8404>

**Д. Р. Абсолямова¹, *М. Ж. Тусіпбекова², И. Э. Дейграф³,
А. Е. Кенжебекова⁴**

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

ҚҰРАМЫНДА МЫС БАР ҚАЛДЫҚТАРДЫ ЦЕМЕНТТЕУ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі уақытта тау-кен байыту комбинаттарында түсті металдардың сульфидті кендерін қайта өңдеуден көптеген пириттік байыту қалдықтары жинақталған. Мыс пен басқа металдарды алу үшін оларды қайта өңдеу үлкен практикалық қызығушылық тудырады.

Мақалада құрамында мыс бар қалдықтарды цементтеу арқылы өңдеу әдісі қарастырылады. Тәжірибелерде пластиналардағы алюминий тотықсыздандырғыш ретінде пайдаланылды.

Мыс CuSO_4 ерітіндісінен 0,3 моль/л концентрациясымен цементтелген кезде алюминий бетінде компактiлі мыс қабаты кристалданатыны анықталды. Компактiлі мыстың тұндыру уақыты 5 минут.

Кристалдану кезінде пайда болатын бөлшектердің мөлшері кристалдану орталықтарының пайда болу жылдамдығының арақатынасына және олардың одан әрі өсу қарқынына байланысты. Цементтеу тұндыруына қатысты бұл ұнтақтың дисперсиясы электродогалы күшпен контактiлі гальваникалық жүптің цементтеу тогының қатынасымен анықталатынын білдіреді.

NaCl ерітіндісіндегі концентрациясының өсуімен Al-Cu контактiлі гальваникалық жүпінің ЭДК жоғарылауымен, ал цементтеу тогы төмендегендіктен, NaCl концентрациясының жоғарылауымен мыс дисперсті ұнтағы тұнбаға түсуі керек, ал тұндыру жылдамдығы төмендеуі керек.

Өйткені NaCl қатысуымен Cu^{2+} иондары шекті токқа қалтына келеді, бұл дисперсті гана емес, сонымен қатар дендритті ұнтақты да тұндыруға жағдай жасайды. Дендритті ұнтақ еркін толтырылған кезде үлкен көлемді алады, яғни NaCl концентрациясының жоғарылауымен ұнтақтың сусымалы тығыздығы төмендеуі керек деп болжауға болады.

Кілтті сөздер: мыс, тотықсыздандырғыш, алюминий, қалдықтар, цементтеу.

Кіріспе

Қазіргі уақытта тау-кен байыту комбинаттарында түсті металдардың сульфидті кендерін өңдеуден кейін көптеген пириттік байыту қалдықтары жинақталған. Мыс және басқа металдарды алу мақсатында оларды қайта өңдеу техника мен

технологиялардың ағымдағы даму деңгейін ескере отырып негізгі практикалық қызығушылық тудырады.

Байытудың пирит қалдықтарын өңдеуінің экономикалық негізделген технологиясын іздеуді көптеген ғылыми институттар мен ұйымдар ұзақ уақыт бойы жүргізіп келеді [1–9].

Цементтеу мысты алудың перспективалық технологиясы болып табылады.

Бұл процесс M_1 металының M_2 электропозитивті металл иондары бар ерітіндімен жанасуымен жүреді, нәтижесінде M_1 металының тотығуы (иондануы) және M_2 металл иондарының нөлдік валенттілігіне дейін тотықсыздануы жүреді. Бұл реакцияны келесі химиялық теңдеумен сипаттауға болады



Цементтеу гидрометаллургияда кейбір металдарды алу үшін кеңінен қолданылады, мысалы, кеңіс суларынан және баланстан тыс кендерінен үймелі сілтілендіруден алынған ерітінділерден мысты алу. Сонымен қатар, цементтеу гидрометаллургиялық ерітінділерді ерітінділерден металдарды электролиттік алу кезінде және металдарды электролиттік тазарту кезінде оң металдардың қоспаларынан тазарту үшін кеңінен қолданылады

Түсті металлургия үшін цементтеу процесінің маңыздылығын сандармен көрсетуге болады – әлемдік никель мен мырыш өндірісінің 80 % астамы және мыстың 10 % цементтеу процесін қолдана отырып алынады [2].

Материалдар мен әдістер

Жоғарыда келтірілген теориялық идеялардың негізінде бұл жұмыста реакция бойынша күкіртқышқыл ерітінділерінен мысты алюминиймен цементтеу қарастырылады



Алюминий мен мыстың стандартты электрохимиялық потенциалдары (E°) бір-бірінен өте ерекшеленеді. Атап айтқанда, алюминийдің $E^\circ - 0,76 \text{ В}$, мыстың $E^\circ + 0,34 \text{ В}$ тең [4]. Әрине, бұл жұмыста потенциалдарды өлшеу шарттары (ерітінділердің концентрациясы мен температурасы, сонымен қатар қысым) стандарттыдан өзгеше болды. Дегенмен, осы жұмыста қолданылатын цементтеуді өткізу жағдайында алюминий мен мыстың электрохимиялық потенциалдары арасында айтарлықтай айырмашылықты күту заңды. Сонымен қатар, CuSO_4 ерітіндісіне батырылғаннан кейін бірінші сәтте алюминий үлгісінің электрохимиялық потенциалы осы ерітіндідегі алюминий потенциалына тең болады деп күту заңды. Содан кейін, егер цементтеу арқылы алюминий бетінде мыс кристалданса, цементтеу барысында алюминий үлгісінің потенциалы оң мәндер аймағына ауысуы керек. Цементтеу нәтижесінде алюминий үлгісінің потенциалы алюминий мен мыс потенциалдары арасындағы кейбір компромисс мәнге келу керек.

Мыс ұнтағын алудың электролиттік әдісі өте қымбат болса да, дендритті ұнтақтарды алуға мүмкіндік береді, бұл металлкерамикалық өнеркәсібі үшін өте маңызды [1, 2]. Электролиттік әдіспен салыстырғанда цементтеу әдісі едәуір арзан және қарапайым әдіс, алдын-ала белгіленген қасиеттері бар ұнтақтарды – дендрит, дисперсия және т. б. тағайындауға мүмкіндік береді [3].

Күкіртқышқыл ерітінділерінен мыс ұнтағын темірмен цементтеу арқылы алу өте егжей тегжейлі зерттелген [4–9].

Сонымен қатар, дисперсті мыстың цементтік тұндыруы мысқа қатысты басқа да теріс металдарды қолдану арқылы мүмкін болып көрінеді, мысалы, алюминийді. Бірақта мыс ұнтақтарын алу тәсілі ретінде мысты алюминиймен цементтеу әлі де аз зерттелген. Бұл жұмыстың мақсаты күкіртқышқыл ерітінділерінен мысты алюминиймен цементтеу кезінде мыс ұнтағын алу процесін зерттеу болып табылады. Әдетте гидрометаллургияда металды ерітіндіден мүмкіндігінше толық алу үшін цементтеу жүргізіледі [2]. Цементтеу металының бетінде компактiлі жабын-қабатының пайда болуы цементтеу металын ерітіндіден оқшаулайды және цементтеу реакциясы тоқтайды [1, 2]. Цементтелетін металдың бетіндегі цементтеу барасында пайда болатын цементтелетін металл қабаты цементтеу процесіне кедергі келтірмеуі үшін бұл қабат борпылдақ, дисперсті болуы керек [1, 2]. Цементтеу тұнбасы компактiлі емес, борпылдақ түрінде кристалдануына ықпал ететін әдістердің бірі – ерітіндінің температурасының жоғарылауы [1, 2]. Осыған байланысты 70 °C температурада құрамында CuSO_4 және H_2SO_4 бар ерітіндіде мысты алюминиймен цементтеу бойынша тәжірибелер жүргізілді.

Поляризациялық өлшеулер П-5827 потенциостатының көмегімен гальванодинамикалық режимінде ток беру жылдамдығы 3,4 мА/мм²·мин тең болған жағдайда жүргізілді. Жұмыс электродтарының потенциалдары күмісхлорлы электродына қатысты өлшенді, содан кейін потенциалдардың стандартты сутегі шкаласына қайта есептелді. Жұмыс электродтары диаметрі 2 мм эпоксидті шайырмен жабылған алюминий және мыс сымдардың ұштары болып табылады. Цементтелген мыстың алюминийдің анодтық сипаттамасына әсерін болдырмау үшін анодтық поляризация CuSO_4 ерітіндісімен бірдей концентрациядағы MgSO_4 ерітіндісінде зерттелді – контактілі (цементтеу) гальваникалық жұптерінің анодтық процесін зерттеуге арналған мұндай әдістің заңдылығы [7] көрсетілген.

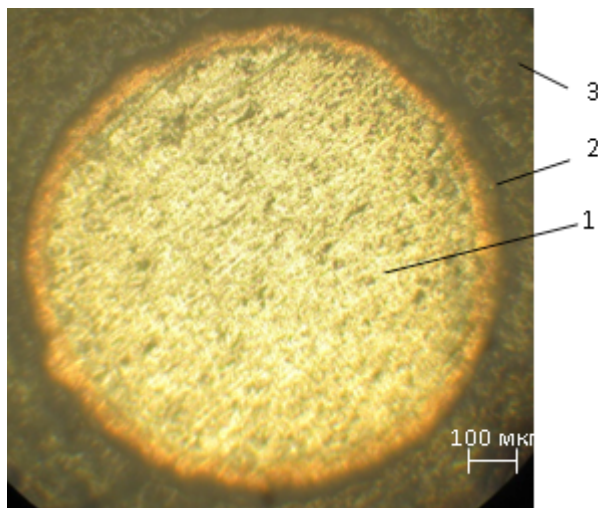
Мыс ұнтағын алу үшін көлемі 2 литр CuSO_4 ерітінділері қолданылды, цементтеу материалы ретінде беті 2 дм² болатын алюминий пластиналары қолданылды. Цементтеуден кейін ұнтақ жуылады және вакуумды кептіру шкафында кептіріледі. Мыс ұнтағының гранулометриялық құрамы мен сусымалы тығыздығы стандарттар бойынша анықталды [9, 10]. Бөлшектердің орташа мөлшері ұнтақты металлургиясында қабылданған әдістеме бойынша електі талдауының нәтижелері негізінде есептелді [11].

Шығарылған сутектің мөлшері көлемдік әдіспен өлшенді [12]. Тәжірибе нәтижесінде алынған сутектің өлшенген көлемі [12] көрсетілген әдіс бойынша қалыпты жағдайларға әкелді. Микроскопиялық зерттеулер МЕТАМ-РВ21

металлографиялық микроскопын қолдану арқылы жүргізілді. Суреттерді құжаттау DCM310 сандық бейнекамерасымен компьютерге суретті жазу арқылы орындалды.

Нәтижелер және талқылау

Концентрациясы 0,3 моль/л CuSO_4 ерітіндісінен мысты алюминиймен цементтеу кезінде көлденең металлографиялық тілімтаста (шлифта) айқын көрінетін алюминийдің бетіндегі компактiлi мыс қабаты кристалданатыны анықталды (1-сурет).



Сурет 1– Цементтелген мыс қабаты бар алюминий сымның көлденең қимасы:
1 – алюминий сымы, 2 – компактiлi мыстың қабаты; 3 – эпоксидтi шайыр

1-суретте көрсетiлген компактiлi мыс қабатының тұндыру уақыты 5 мин. Эпоксидтi шайырмен құйылған металл-цементатордың (алюминий сымы) көлденең қимасы бойынша оған компактiлi мыс қабаты кристалданған осындай тілімтастар жасалынды және цементтеу процесiнiң ұзақтығы 30 және 60 мин болды. Концентрациясы 0,3 моль/л CuSO_4 ерітіндісіндегі алюминий сымның ұстау уақытының артуы компактiлi мыс қабатының қалыңдығының ұлғаюына әкелмейтiнi металлографиялық түрде анықталды – қалыңдығы 1-суреттегiдей қалады, яғни цементтеу процесiнiң ұзақтығы 5 мин. Демек, цементтеу процесiнiң бастапқы кезеңінде пайда болған цементтелетін металдың, атап айтқанда мыстың компактiлi қабаты алюминийдiң бетін CuSO_4 ерітіндісінен оқшаулайды, содан кейін цементтеу реакциясы тоқтайды.

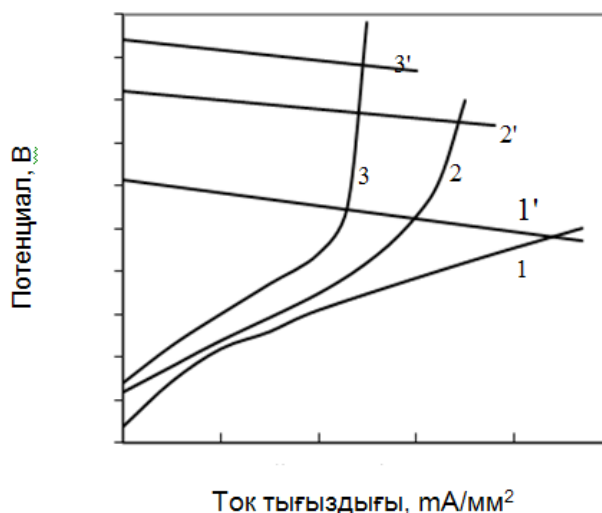
Компактiлi тұнба цементтеу процесін тежейтiндiктен, тәжірибеде олар цементтелген металдың компактiлi емес, дисперстi, яғни ұнтақ түрінде кристалдануы үшін осындай процесс жағдайларын жасауға тырысады. Дисперстi түрде цементтелген металдың кристалдануына ықпал ететін әдістердiң бiрi – ерітіндіге хлор иондарын енгізу болып табылады [1–3]. Сондықтан, келесі тәжірибелерде хлор иондары NaCl түрінде CuSO_4 ерітіндісіне енгізілді. Cl^- болмаған кезде, яғни мыс компактiлi тұнба түрінде кристалданған кезде (1-сурет)

бұл жағдайда мыс цементтеу барысында сутектің бөлінуі жүрмейтіні байқалды. Өткізілген тәжірибелер CuSO_4 ерітіндісіне Cl^- иондарын енгізу цементтелген мыстың дисперсті түрінде кристалдануына ғана емес, сонымен қатар жанама катодтық процестің пайда болуына – сутектің бөлінуіне әкелетінін көрсетті. Бұл жағдайда ерітіндегі Cl^- концентрациясының жоғарылауымен бөлінетін сутектің мөлшері артады (1-кесте).

Кесте 1 – NaCl концентрациясының бөлінген сутегі мөлшеріне әсері. Влияние концентрации NaCl на количество выделившегося водорода. Ерітіндідегі CuSO_4 концентрациясы 0,3 моль/л. Цементтеу бетінің ауданы 4 cm^2 . Процестің ұзақтығы 0,5 сағат

Тәжірибе №	NaCl концентрациясы, моль/л	Сутектің бөлінуі, мл
1	0,1	48,328
2	0,3	65,058
3	0,6	83,646

Поляризациялық өлшемдер көрсеткендей (2-сурет), Cl^- иондары мыстың стационарлық потенциалын 10 В-қа теріс мәндер аймағына ауыстырады. Дәл осындай жағдайларда алюминийдің стационарлық потенциалы 0,33 В-қа теріс болады. Осылайша, Al-Cu контактілі (цементтеу) гальваникалық жұпте Cl^- иондарының концентрациясы жоғарылауымен ЭДК 0,22 В-қа артады.



Сурет 2 – Al-Cu гальваникалық жұптегі цементтеудің поляризациялық диаграммалары: 1'-3' – 0,35 моль/л MgSO_4 ерітіндісіндегі Al анодты еруі; 1-3 – 0,35 моль/л CuSO_4 ерітіндісіндегі Cu катодты қалпына келуі. NaCl концентрациясы, моль/л: 1,1' – 0; 2, 2' – 0,35; 3,3' – 0,60

Теруге 24.11.22 ж. жіберілді. Басуға 27.12.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

66,9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 93,80 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4009

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz