«6D072000 – Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы»
мамандығы бойынша философия докторы PhD дәрежесін алу үшін
Нұртазина Айжан Еркінбекқызының
«Күрделі электролиттерден мыс ұнтағын алудың интегралды технологиясын жасау» тақырыбындағы диссертациясына

АҢДАТПА

Жұмыстың жалпы сипаттамасы

Диссертация оксиэтилидендифосфонды ($C_2H_8O_7P_2$) және нитрилометилтриенфосфониялық ($C_3H_{12}NO_9P_3$) қышқылдарының органикалық лигандтарының қатысуымен су ерітінділерінен электролиттік тұндыру арқылы мыс ұнтағын алуға, сонымен қатар материалдың синхронды қасиеттерін зерттеуге арналған. Ғылыми жұмыс барысында екі валентті мыс иондарының (Cu^{2+}) қышқылды және бейтарап ортада күрделі органикалық қосылыстар болған кездегі электрохимиялық әрекеті зерттелді. Негізгі факторлардың (мысалы, электролиттегі мыс иондарының концентрациясының, pH, температураның, потенциалды тазалау жылдамдығының өзгеруі) процестің өзіне әсері қарастырылды. Бұл ретте тұндырылған мыс ұнтақтарының пішіні мен орташа бөлшектерінің мөлшері талданды, ең жоғары тазалық мәні 99,54 масс.% құрады. Сонымен қатар, құйынды электролиз қондырғысы әзірленді және оның жұмыс қабілеттілігі мен тиімділігі дәлелденді. Құрамында органикалық НТФ кешені бар электролиттен мыс ұнтағын алу үшін бірқатар сынақтар жүргізіліп, ток тиімділігі 95,5% және тазалығы 99,49 масс.% болатын оңтайлы технологиялық параметрлер анықталды. Сонымен қатар тұндыру ток тығыздығының, температураның, мыс иондарының концентрациясының, күкірт қышқылының және ОЭДФ концентрациясының әсері зерттелді. Математикалық жоспарлауды пайдалана отырып, жартылай өнеркәсіптік масштаб үшін жалпыланған процесс теңдеуі шығарылады.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі

Қазіргі уақытта электролиттік синтез әдістері металл ұнтақтарының 60-тан астам түрін алуға мүмкіндік береді. Ең көп таралған және маңыздыларының бірі - мыс ұнтағы. Дүниежүзілік металл статистикасы бюросының (WBMS) жариялаған есебіне сәйкес, 2023 жылы жаһандық мыс өндірісі 27 миллион тоннадан астамды құрады, ал Қазақстан 600 мың метрикалық тоннамен өндіруші елдердің әлемдік рейтингінде 11-ші орында. Осыған байланысты мысты зерттеудің өзектілігі біздің заманымызда маңызды болып қала береді.

Қышқыл электролит ерітінділерінен мысты электродпен тұндыру процесі өнеркәсіпте баспа платаларын, қорғаныс және сәндік жабындарды өндіру үшін кеңінен қолданылады. Астардағы мыстың электрокристалдануының бастапқы кезеңдерін зерттеу үлкен қызығушылық тудырады. Технологияда мыс жабындары да кеңінен қолданылады: бетіне белгілі бір көрініс беру, сонымен қатар бірқатар функционалдық қасиеттері -

электр өткізгіштік, болат бұйымдарының бөліктерін коррозиядан және цементтеуден қорғау, үйкеліс композицияларының болат негізіне жабысуын қамтамасыз ету. автомобильдердің ілінісу дискілерінің.

Мыстың электродепозициясын зерттеудің ұзақ тарихына қарамастан, бұл процестің заңдылықтары туралы алынған ақпаратты толық деп санауға болмайды. Бұл жеткіліксіздік негізінен әртүрлі зерттеулердің нәтижелерін салыстырудың қиындығына байланысты. Осылайша, сульфатты электролиттер жағдайында біз мыс сульфаты, күкірт қышқылы және натрий сульфатының әртүрлі концентрациясы бар ерітінділер туралы айтып отырмыз. Күкірт қышқылы негізінен ерітіндінің иондық күші мен электр өткізгіштігіне әсер етеді, сонымен қатар анодтардың пассивациялануын және гидроксидті қосылыстардың түзілуін болдырмайды деп саналады. Сульфат иондарының жоғары концентрациясы бар ерітінділердегі мыс иондарының комплекс түзілу процесі, сонымен қатар ад-мыс атомдары деп аталатын беттік диффузияның пайда болуына байланысты кристалданудың баяулауы мүмкін емес. алынып тасталды.

Қазіргі уақытта ұнтақ металлургиясы саласындағы жаңа әзірлемелерге қойылатын талаптар, ең алдымен электролиттерден экологиялық қауіпті және улы заттарды алып тастауға, тапшы және қымбат материалдарды тұтынуды азайтуға, сондай-ақ еңбек өнімділігі мен энергияны арттыруға қатысты. үнемдеу. Осы тұрғыдан алғанда, өнімділігі жоғары, концентрациясы төмен және экологиялық таза жаңа электролиттерді жасау ерекше қызығушылық тудырады.

Соңғы уақытта әдебиеттерде жабындардың қасиеттерін жақсарту және электролиз процесін жақсарту үшін органикалық заттар электролиттерге қоспалар ретінде жиі қолданылатын жұмыстар жиі пайда болды, бірақ мұндай жұмыстар аз. Бұл жұмыс НТФ және ОЭДФ қосылған ерітінділердегі зерттеу нәтижелерін ұсынады, сонымен қатар мыс ұнтағын электрод қою әдісі ретінде құйынды электролизді қолдануды ұсынады.

Зерттеу мақсаты

Органикалық күрделі электролиттерден мыс ұнтағын синтездеу және зертханалық және жартылай өнеркәсіптік масштабта, оның ішінде математикалық жоспарлау әдістерін қолдана отырып, мысты электролиттік өндіру процесін оңтайландыру.

Зерттеу міндеттері

1. Комплекс түзуші нитрилометилтриэнфосфонды ($C_3H_{12}NO_9P_3$) және оксиэтилидендифосфонды ($C_2H_8O_7P_2$) қышқылдардың қатысуымен мыс иондарының электрохимиялық әрекетіне маңызды параметрлердің әсерін бағалау.

2. Күрделі электролиттерден мыс ұнтағын синтездеңіз және ең жоғары өнім шығымымен электролиздің оңтайлы параметрлерін таңдаңыз. Алынған үлгілердің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу.

3. Құйынды электролиз қондырғысын жобалау және құрастыру. Құйынды электролизді пайдалана отырып, күрделі электролиттен мыс

ұнтағын электролиттік тұндыру үшін ең қолайлы сипаттамаларды таңдаңыз, сонымен қатар келесі факторлардың әсерін талдаңыз: тұндыру тоғының тығыздығы, температура, мыс концентрациясы, күкірт қышқылының концентрациясы, НТФ концентрациясы, электролиз ұзақтығы.

4. Жартылай өнеркәсіптік масштабта мыс ұнтағын алу үшін тәжірибелік құйынды электролиз қондырғысының принципиалды сұлбасын әзірлеу және сынақтан өткізу (Жүйе көлемі 30 литр).

5. Математикалық жоспарлау әдісі арқылы мыс ұнтағының түзілу тиімділігіне электролиздің әрбір параметрінің үлесін бағалау. Процестің жалпыланған теңдеуін шығарыңыз. Жартылай өнеркәсіптік масштабта мыс ұнтағын қалыптастыру үшін ең жақсы жағдайларды қамтамасыз ететін функциялардың мәндерін анықтаңыз.

Зерттеу нысандары

Cu^0 ұнтақтары, Cu^{2+} иондары, нитрилотриметилфосфон қышқылы, оксиэтилидендифосфон қышқылы.

Зерттеу пәні

Мыс иондарының және НТФ, ОЭДФ кешендерінің электрохимиялық әрекеті, құйынды электролиз, мыс ұнтағын алу технологиясы.

Зерттеу әдістері

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша зерттеулерді орындау кезінде келесі әдістер қолданылды: вольтамметрия, потенциометрия, сканерлеуші электронды микроскопия, элементтік талдау, спектрофотометрия, гравиметрия және көп факторлы математикалық матрицаны жоспарлау әдісі.

Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер:

1) Қышқыл ортада нитрилометилтриенфосфон қышқылы ($C_3H_{12}NO_9P_3$) болған кезде мыстың ең жоғары ток ПӘК 7,5 г/л НТФ концентрациясында белгіленді және 96,7% құрады, ал бейтарап ортада максималды ТШ болады. ГТФ концентрациясы 8 г/л және 35% құрайды.

2) Электролитке нитрилометилтриенфосфон қышқылын ($C_3H_{12}NO_9P_3$) қосқанда мыс ұнтағының тазалығы 1,2%-ға артып, НТФ-сыз электролизбен салыстырғанда физика-химиялық көрсеткіштері жақсарады.

3) Қышқыл ортада оксиэтилидендифосфонды ($C_2H_8O_7P_2$) болған кезде мыстың ең жоғары ток ПӘК 5 г/л тең ОЭДФ концентрациясында белгіленді және 96,8% құрады, ал бейтарап ортада максималды ТШ пайда болады. ОЭДФ концентрациясында 10 г/л және 40, 5% құрайды.

4) Құйынды электролиз қондырғысы 95,5% жоғары ТШ және 5-10 мкм бөлшектердің өлшемі бар ұсақ мыс ұнтақтарын өндіруді қамтамасыз етеді.

5) Құйынды электролиз арқылы мыс ұнтағының түзілу тиімділігіне токтың тығыздығы ең үлкен әсер етеді.

Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу

Докторлық диссертацияның бірегейлігі зерттеу авторының мыс ұнтағының қасиеттерін зерттеу және оны бұрын пайдаланылмаған НТФ ($C_3H_{12}NO_9P_3$) және ОЭДФ ($C_2H_8O_7P_2$) күрделі электролиттерінің

ерітінділерінен алу бойынша жүргізген кешенді жұмысында; Ең жоғары ток тиімділігі бар мыс ұнтағын синтездеудің оңтайлы параметрлері ұсынылды. Зертханалық және жартылай өнеркәсіптік масштабта құйынды электролиздің тиімді әдісі әзірленді және эксперименталды түрде тексерілді (электролиз ұзақтығы 2,5 сағат). Негізгі факторлардың электродпозиция процесіне әсері зерттеліп, алынған мыс ұнтағы үлгілерінің тазалығы (99%-дан жоғары) бағаланды. Алынған мәліметтер негізінде орындалған 25 тәжірибенің эмпирикалық мәндерін пайдалана отырып, 625 тәжірибені алмастыра алатын қажетті функцияларды (электролиз шарттары) есептеу үшін математикалық жоспарлауды пайдалану ұсынылды. Ғылыми жаңалық Қазақстан Республикасының патентімен де расталады.

Алынған деректердің негізділігі мен дұрыстығы

Нәтижелердің негізділігі мен сенімділігі стандартталған және дұрыс қолданылатын әдістерге негізделуімен, сондай-ақ эксперименттік зерттеулер нәтижелерін метрологиялық өңдеумен қамтамасыз етіледі. Барлық нәтижелер арнайы лицензияланған компьютерлік бағдарламалар арқылы өңделді.

Нәтижелердің теориялық маңыздылығы

Диссертациялық жұмыстың теориялық маңыздылығы зерттеу бөлімінің нәтижелерін органикалық құрылымды күрделі электролиттердің кең спектрінен жоғары таза мыс ұнтағын электрохимиялық алу үшін пайдалануға болатынында. Алынған НТФ немесе ОЭДФ бар кешен екі валентті мыс иондарының электрохимиялық әрекетін зерттеу және бейтарап ортада электролизді жүргізу мүмкіндігін ашады, бұл өз кезегінде концентрлі күкірт қышқылын пайдалану қажеттілігінің болмауына байланысты қолайлы экологиялық әсерді тудырады. үлкен көлемдер, сонымен қатар электролизердің конструкциясына қойылатын талаптарды жеңілдетеді. Айта кету керек, НТФ және ОЭДФ үшін қышқыл ерітінділерде процестің тиімділігін 4-16% және үлгілердің тазалығын 0,7-1,2% арттыруға болады. Вольтамметриялық зерттеулер барысында 500 А/м^2 ток тығыздығында да жабындардың түзілу тенденциясы байқалды, бұл электрохимиялық мыс жалату үшін ерітінділер ретінде ОЭДФ негізіндегі электролиттерді қолданудың негізі болып табылады. Әзірленген құйынды электролиз қондырғысы процестің жұмыс параметрлерін өзгертуге кең мүмкіндіктерге ие, бұл сонымен қатар осы саладағы жаңа әзірлемелердің басталуын көрсете алады. Көптеген операцияларды қоспағанда, процесс шарттарын таңдау үшін тәжірибені математикалық жоспарлау әдісінің егжей-тегжейлі талдауын және теңдеуді шығаруды қолданған жөн. Бұдан шығатыны, диссертанттың ғылыми-зерттеу жұмысының теориялық маңызы жоғары және осы бағыттағы одан әрі ғылыми-зерттеу жұмыстары мен ғылыми жобаларына негіз бола алады.

Нәтижелердің тәжірибелік маңыздылығы

Күрделі электролиттерден мыс ұнтағын алу технологиясын жасау бойынша ұсынылған ғылыми жұмыстың нәтижелері ұсынылған әдістің тиімділігі мен бәсекеге қабілеттілігі туралы айтуға мүмкіндік береді. Мыстың

электролиттік тұндыру жағдайларын оңтайландыру жоғары тазалықтағы соңғы өнімді синтездеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, математикалық жоспарлау әдісін қолданатын туынды теңдеу эксперименттi қажет етпей-ақ электролиздің негізгі параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде оң экологиялық және экономикалық әсер етеді. Диссертациялық жұмыстың деректері коммерцияландыруда сәтті болуы мүмкін. Алынған нәтижелердің мақсатты тұтынушыларына мыс өндірумен айналысатын әлеуетті мүдделі жеке және мемлекеттік компаниялар кіреді. Бұл елдегі ең ірі мыс өндірушілер болуы мүмкін: «Қазақмыс» корпорациясы, KAZ Minerals, «Eurasia Copper PLC» ЖШС.

Ғылымды дамыту бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға (жобаларға) сәйкестігі

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің «Бейтарап ортада күрделі электролиттерден мыс ұнтағын алудың интеграцияланған технологиясын жасау» гранттық қаржыландыру бағдарламасының шеңберінде орындалды (Грант № AP09058539).

Басылымдар

Орындалған жұмыстардың нәтижелері үш ғылыми жұмыста көрсетілген, оның ішінде:

- Web of Science дерекқорының Science Citation Index Expanded индексінде (1-ші тоқсан) және Scopus дерекқорында CiteScore пайызтилі кемінде елуден кем емес диссертацияның ғылыми бағыты бойынша рецензияланған ғылыми басылымдағы мақалада (74%);
- Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналда жарияланған мақалада;
- Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінің «Ұлттық зияткерлік меншік институты» берген патентте.

Докторанттың әрбір басылымды дайындауға қосқан үлесінің сипаттамасы

«Obtaining of copper powder by method of a vortex electrolysis from acid sulphate electrolytes» (https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100604) мақаласында диссертация авторы жұмыстың тәжірибелік бөлігін және бастапқы талдау жүргізді. Диссертация авторы нәтижелерді түсіндіруге тікелей қатысты, сонымен қатар мақаланың бастапқы және соңғы нұсқаларын жазуға қатысты.

«Получение медного порошка в присутствии нитрилотриметилфосфоновой кислоты» мақаласында (https://doi.org/10.32014/2021.2518-1483.93) Нуртазина А.Е. бірінші авторы болып табылады. Докторант барлық эксперименттерді жүргізуге және алынған нәтижелерді интерпретациялауға қатысты, кіріспе, әдістеме, нәтижелерді сипаттауға, сызбалар мен графиктерді қорытындылауға және

ресімдеуге қатысты және журналдың талаптарына сәйкес мақаланы өз бетімен дайындады.

Қазақстан Республикасының 32109 патентінде: МРК С25С 5/02 «Мыс ұнтағын алу тәсілі» диссертант өтінімді қолданыстағы талаптарға сәйкес дайындауға, түзетулерге, аудармаларға өз үлесін қосты, сонымен қатар корреспондент болды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі

Диссертация кіріспеден, 4 негізгі бөлімнен, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен, 167 атаудан тұрады. Жұмыс қосымшаларды есептемегенде 97 бетте берілген, 44 сурет пен 19 кестеден тұрады.