

Атчибаев Рустем Алибековичтің

6D074000 «Наноматериалдар және нанотехнологиялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындаған диссертациясына

ТҮЙІНДЕМЕ

Диссертация тақырыбы: «Нанокөмбірістілік қабатшалардың микроқұрылымының қалыптасу процестері және физика-химиялық қасиеттері»

Диссертациялық зерттеудің мақсаты - наномөлшемді бөлшектермен (C, SiO₂), гетерогенді қос Fe-W(Mo), Ti-Co(Mn) және электролиттік әдіспен алынған үштік Fe-Co-W жүйелерінің хром негізіндегі көмбірістілік қабатшалардың микроқұрылымдарын қалыптастыру заңдылықтарын зерттеу, сондай-ақ олардың физикалық-химиялық және механикалық қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу міндеттері

Наномөлшемді көміртегі концентрациясының және кремний диоксидінің, тұндыру режимдерінің, ток бойынша шығудың және Cr-C-SiO₂ нанокұрылымды электролитикалық қабатшаларының тұндыру жылдамдығының, сондай-ақ Fe-W(Mo), Ti-Co(Mn) және Fe-Co-W нанокұрылымды көмбірістілік жүйелерінің әсері бойынша зерттеулер жүргізу.

Cr-C-SiO₂ КЭҚ құрылымы мен қасиеттерін қалыптастыруға екінші фаза компоненттерінің шоғырлану арақатынасы мен дисперсиялық дәрежесінің әсерін орнату, электролиттердің оңтайлы құрамын және нано- КЭҚ микроқұрылымын реттеудің принципті жаңа, оңай іске асырылатын технологиясын әзірлеу.

Fe-W (Mo), Ti-Co(Mn) және тернарлы Fe-Co-W көмбірістілік жүйелердің микроқұрылымдарының қалыптасу процестеріне(үздіксіз, импульстік) және ток тығыздығына зерттеу жүргізу және нанокөмбірістілік қабатшалардың микроқұрылымдарының қалыптасуын сипаттау үшін феноменологиялық модель жасау.

Cr-C-SiO₂ көмбірістілік электролиттік қабатшалардың, сондай-ақ зертханалық және өнеркәсіптік жағдайларда Fe-W(Mo), Ti-Co(Mn) және Fe-Co-W нанокристалдық жүйелерінің функционалдық қасиеттеріне жүйелі кешенді зерттеулер жүргізу.

Зерттеу әдісі

Нано-КЭҚ микроқұрылымының құрамы оптикалық металлография, спектрометриялық және рентгеноқұрылымдық талдау, растрлық электрондық және атомдық-күштік микроскопия әдістерімен зерттелді. Коррозиялық қасиеттерді зерттеу үшін гравиметриялық және потенциодинамикалық әдістер, сондай-ақ электрлік кедергіні өлшеу әдісі қолданылды. Физика-механикалық қасиеттері микротаттылық пен адгезияны өлшеу әдістерімен және трибологиялық сынаулардың көмегімен зерттелді. Электролиттік

қаптамаларды қалыптастыру процесін математикалық модельдеу және функционалдық қасиеттерін болжау электрометаллургиядағы электрохимия заңдарының негізінде жүргізілді.

Қорғауға ұсынылған негізгі ережелер:

1. Синтезделген хром электролиттік қаптамалардың морфологиясы токтың температурасы мен тығыздығымен, сонымен қатар 313-323 К кезінде глобулярлы және 333-343 К кезінде тегіс қабықсыз 293-303 К тұндыру температурасында кеуекті құрылымның қалыптасуында пайда болатын электролит-суспензиядағы көміртектің нанодисперсті ұнтақтары мен кремний диоксиді концентрациясының қатынасымен анықталады.

2. Cr-SiO₂-C нанокұрылымды қаптамаларының тұтас, тұндыру жылдамдығы және ток бойынша шығу электр тұндыру тогының тығыздығын 7-ден 3 кА/м²-ге дейін төмендетумен мақсатты түрде реттеуге болады, ал катод бетінде қабаттардың қалыптасуы Фарадей-Онзагер моделінің шеңберінде қанағаттанарлық түсіндіріледі.

3. Қос Fe-W(Mo), Ti-Co(Mn) және үштік Fe-Co-W композиттік жүйелерден тұратын қаптамаларда кристалдардың өлшемін басқару электр тұндырудың импульстік режимімен үйлескен ток тығыздығының ұлғаюымен және осылайша мақсатты түрде кристалл және аморфты-кристалды құрылымды қалыптастыруы мүмкін.

4. Қос Fe-W(Mo), Ti-Co(Mn) және үштік Fe-Co-W нанокұрылымдық жүйелерден жасалған қаптамалардың коррозиялық-электрохимиялық сипаттамалары баяу балқитын компоненттің құрамына және тұндыру режиміне байланысты, ал қышқыл ортада химиялық төзімділіктің ұлғаюы бетінде вольфрамның қышқыл оксидтерінің түзілуіне байланысты.

Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы.

1. Нанокұрылымды композиттік жабындарды тұндыру мақсатында хром негізіндегі электролиттік әдіспен нығайтқыш фаза ретінде қолданылған көміртекті күйе шамы бөлшектерінің өлшемі 11-100 нм және кремний диоксиді (5-50 нм) қалыңдығы, құрамы және құрылымы бақыланатын түрінде әдіс әзірленді. Хром матрицасындағы нанодисперсті фазаның сандық құрамын температура мен ток тығыздығын өзгерту арқылы басқаруға болатыны көрсетілген. Синтезделген хром электролиттік жабындарының морфологиясын тұндыру режимдерін өзгерту және электролиттегі нанодисперсті көміртегі мен кремний диоксиді ұнтақтарының концентрациясының қатынасын өзгерту арқылы мақсатты түрде қалыптастыруға болады, бұл тұндыру температурасы 293–303 К кезінде губка тәрізді, 313–323 К сфералық және 333–343 К тегіс құрылымның пайда болуымен көрінеді.

2. Оңтайлы құрамдағы жаңа электролиттер-суспензиялар әзірленді, олар физика-химиялық қасиеттері жақсартылған нанокұрылымды Cr-SiO₂-C КЭЖ алуға мүмкіндік береді. Жасалған электролит-суспензиялардың шашырау және жасыру қабілеті Фарадей-Онзагер моделі тұрғысынан жақсы сипатталғаны анықталды, ол үшін жабынның үздіксіздігі электродепозициялық ток тығыздығының 7-ден 3 кА/м SiO₂-ге дейін төмендеуімен артады, бұл ретте электролиттегі C/SiO₂ компоненттердің

концентрациясының арақатынасы 6/14 г/л болған жағдайда ең жақсы тұндыру сапасы байқалды. Cr-SiO₂-C нанокөміркіттік жабындарының микроқұрылымы мен фазалық құрамы оптикалық металлография, рентгендік дифракциялық талдау, сканерлеуші электронды және атомдық күш микроскопы арқылы зерттелді. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде 16,0-25,0 г/л электролит-суспензиядағы нанодисперсті фазаның концентрация диапазонында жабындардың морфологиясына арматуралық фаза айтарлықтай әсер ететіні анықталды.

3. Бинарлы Fe-W(Mo) қорытпаларының және үштік Fe-Co-W қорытпаларының нанокристал мөлшеріне сәйкес тұндыру режимдері (стационарлық, импульстік) әсерін зерттеу арқылы, күшейтілген трибологиялық, коррозияға қарсы және каталитикалық қасиеттері бар Ti-Co(Mo) оксидті жабындары бар нанокристалды жабындарды синтездеу технологиясы жасалды. Электролиттік әдіспен тұндырылған екілік Fe-W(Mo), Ti-Co(Mo) қорытпаларының және үштік Fe-Co-W қорытпаларының нанокристалды жабындарындағы ток тығыздығының жоғарылауы кристалл өлшемінің азаюына, аморфты-кристалды құрылымның түзілуіне әсер ететіні анықталды. АҚМ, СЭМ, ПЕМ және рентгендік дифракциялық талдауды қолдана отырып, Fe-W бинарлы электролиттік қорытпалар α-Fe-дегі вольфрамның қатты ерітіндісі болып табылатын фазалық құрамы бар ұсақ дисперсті нанокристалды қосылыстар екені анықталды. Fe-Co-W үштік қорытпаларының рентгендік үлгілері құрамында α-Fe фазалары, Fe₇W₆, Co₇W₆ аралық металл қосылыстары бар аморфты-кристалды құрылымды көрсетеді.

4. 3% NaCl ерітіндісіндегі алынған нано-КЭЖ коррозияға төзімділігін гравиметриялық және потенциостатикалық зерттеулер екілік және үштік композициялық жүйелерден жабындардың коррозияға-электрохимиялық сипаттамалары отқа төзімді компоненттің мазмұнына және тұндыру режимдеріне байланысты екенін көрсетті, және де қышқыл вольфрам оксидтерінің беттерінің түзілуіне байланысты қышқыл ортада химиялық төзімділігі анықталды. Орташа алғанда, нано-КЭЖ коррозияға төзімділіктің 10,2-ден 85,3 есеге дейін артқанын көрсетті. Электролиттерді сынау нәтижелері туралы АҚТ-қа сәйкес «INTERCOM» ЖШС кәсіпорнында жасалған электр жабындығының құрамдас бөліктеріне нано-КЭЖ темір-кобальт-вольфрамды тұндыруға арналған екілік Fe-W(Co) және үштік Fe-Co-W, Cr-SiO₂-C жабындары наножүйелерін болат пен шойын беттерін қатайту үшін тиімді пайдалануға болатыны көрсетілген.

Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу.

Алғаш рет микроқұрылымды және физика-химиялық қасиеттерді, наноөлшемді бөлшектермен (C, SiO₂) құрылымдалған хром негізіндегі композициялық қаптамаларды, сондай-ақ электрохимиялық әдіспен алынған қос Fe-W(Co), Ti-Co(Mn) және үштік Fe-Co-W жүйелерден жасалған нанокристалдық қаптамаларды қалыптастыру үдерістерін кешенді зерттеу жүргізілді.

Бинарлы Fe-W(Co), Ti-Co(Mn) және тернарлы композициялық Fe-Co-W жүйелеріндегі кристалдардың мөлшерін реттеудің жаңа тәсілі ток

тығыздығының вариациясына және көп компонентті қаптамаларды қалыптастыру тәртібіне негізделген.

Алғаш рет темірді вольфраммен және темірді молибденмен нанокұрылымды қорытпаға бірлесіп тұндыру механизмі орнатылған және электролиттер құрамы мен тұндыру режимдерінің компоненттердің құрамына, морфологиясына, құрылымына, қасиетіне және Cr-SiO₂-с, Fe-W (Co), Ti-Co(Mn), Fe-Co-W қаптамаларының электр тұндыру процесінің тиімділігіне әсері негізделген.

Тотығу кинетикасы бойынша эксперименттік деректердің сандық талдауы негізінде, сондай-ақ физика-механикалық қасиеттерін (микротаттылық және триболгия) сынау нәтижелері бойынша Ст3, AISI304 және 17Г1С болаттан жасалған төсеніште алынған нанокөмбіріктірілген қаптамалардың нанокұрылымының қалыптасуын сипаттау үшін феноменологиялық үлгі ұсынылды.

Ұсынылған теориялық және эксперименттік зерттеулер негізінде хром негізіндегі нанокұрылымды композициялық қаптамалар, сондай-ақ бейтарап және сілтілі орталарда функционалдық қасиеттерін жақсарту үшін AISI304 және 17Г1С болаттардан және көміртекті Ст3 беттерін коррозияға қарсы қорғау үшін темір-вольфрам және темір-кобальт қорытпаларынан нанокристалды қаптамалар құрамы ұсынылды.

Зерттеу нәтижелері бойынша жаңа электролит "Темір-вольфрам қорытпасымен дайындалған нано қаптамалар қолдану үшін электролит" пайдалы моделіне алынды (ҚР 11.11.2019 № 3440 патенті).

Ғылыми даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі. Жұмыс Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігінің 2018-2020 жылдарға арналған гранттық қаржыландырылған AR05130069 «Табиғи ресурстарды, соның ішінде су ресурстарын, геологияны, өңдеуді, жаңа материалдар мен технологияларды, қауіпсіз өнімдер мен құрылымдарды ұтымды пайдалану» басым бағыты бойынша «Электролиттік компоненттерге арналған гальваникалық қаптамаларды синтездеу үшін нанотехнологияларды дамыту» жобасына сәйкес жүргізілді. Жобаның мемлекеттік тіркеу нөмірі - 0118PK00315.

Диссертация тақырыбы бойынша докторант тікелей автор және бірлескен автор ретінде қатысқан 15 жарияланым жарияланды:

Thomson Reuters мәліметтер базасынан немесе Scopus халықаралық ғылыми мәліметтер базасындағы жоғары импакт-факторлы мақалалар:

1. Ved' M., Sakhnenko N., Yermolenko I., Yar-Mukhamedova G., Atchibayev R. Composition and corrosion behavior of iron-cobalt-tungsten/ Eurasian Chemico-Technological Journal. 20 (2), 2018.- P. 145-152.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым ККСОН ұсынған жарияланымдардағы мақалалар:

1. Сахненко Н.Д., Ведь М.В., Каракуркчи А.В., Яр-Мухамедова Г.Ш., Атчибаев Р. А., /Антикоррозионные свойствананокөмбіріктірілген покрываний в аминных средах/ Вестник КазННТУ. №3 (127). 2018. - С. 588 – 593.

2. Наривский А.Э., Субботин С.А., Беликов С.Б., Яр-Мухамедова Г.Ш., Атчибаев Р. А. Влияние параметров оборотных вод, химического состава и

структурной гетерогенности стали AISI304 на ее питтингостойкость/Вестник КазНУТУ. №3 (127). 2018. - С. 588 – 593.

3. Яр-Мухамедова Г.Ш., Атчибаев Р. А. Исследование морфологии и микротвердости антикоррозионных нанокompозитных электролитических покрытий Cr-C-SiO₂ / Вестник КазНУТУ. №5 (141). 2020. - С. 340 – 348.

4. Патент РК № 3440. Электролит для нанесения нанопокpытий сплавом железо-вольфрам. Опубл. 11.11.2019.

Рефераттар жинағындағы жарияланымдар:

1. Кызырова А., Атчибаев Р. А. Исследование коррозионной стойкости нанокompозиционных электролитических покрытий на основе хрома/ Сборник трудов III конференции студентов и молодых ученых «Химическая физика и наноматериалы» посвященной памяти Мансурова Б. З. Алматы, Казахстан. 2018.- С. 123 – 128.

2. Яр-Мухамедова Г. Ш., Атчибаев Р. А. Исследование нанокompозитных электролитических покрытий Cr-C-SiO₂ методом низковакуумного сканирующего электронного микроскопа Phenom ProX / Международная научная конференция студентов и молодых учёных «Фараби әлемі». Алматы, Казахстан. 2020- С. 189- 193.

Шетелдік халықаралық конференцияларда:

1. Yar-Mukhamedova, G., Ved, M., Karakurkchi, A., Sakhnenko, N., Atchibayev R./Research on the improvement of mixed titania and Co (Mn) oxide nano-composite coatings/ IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 369, № 1. К 2018, 012019.

2. Яр-Мухамедова Г.Ш., Мукашев К. М., Мурадов А. Д., Атчибаев Р. А., / Модифицированный электролит для получения нанокompозиционных покрытий с улучшенными антикоррозионными свойствами / Intern. Conf. «Advanced technologies in research and education». Severodonetsk, Ukraine. 2018- Pp. 24-25.

3. Ved', M., Sakhnenko, N., Yermolenko, I., Yar-Mukhamedova, G. Atchibayev R. Nano composition Ti-Co (Mn) coatings investigation / 18th International Sc. GeoConf. SGEM 2018. Vol. 19 (6.1). 2018- Pp.307-315.

4. Atchibayev R., Mukashev K., Muradov A., Kyzyrova A., Aitbayev Z. Anti – corrosion properties of nanocomposite coatings in amine environments/18th International Sc. GeoConf. SGEM 2018. Vol. 19 (6.1). 2018- Pp.39-47.

5. Яр-Мухамедова Г.Ш., Мукашев К. М., Мурадов А. Д., Атчибаев Р. А. Разработка рекомендаций по применению коррозионностойких нано-КЭП для защиты насосов воды ТЭЦ / International conference «Problems of corrosion protection of materials». Lvov, Ukraine. 2018. - P. 249-252.

6. Temirgaliyeva E., Belisarova F., Kalmurzayeva V., Yar-Mukhamedov Y., Atchibayev R. Effect of deposition temperature on corrosion resistance of nano-CEC / 19th International Sc. GeoConf. SGEM 2019. Vol. 19 (6.1). 2019 - Pp.167-173.

7. Yar-Mukhamedov Y., Atchibayev R. Baisholanova K., Myrzakul S. Computer simulation of composition coatings with set properties / 19th International Sc. GeoConf. SGEM 2019. Vol. 19 (6.1). 2019 - Pp. 125-130.