

Қожахметов Ернат Абилхайыровичтің
6D072300 – «Техническая физика» мамандығы бойынша философия докторы
(PhD) дәрежесін алуға арналған диссертациясының
АННОТАЦИЯСЫ

Қожахметова Ерната Абилхайыровича
**Термоциклдік сорбция кезінде Ti-Al-Nb жүйесі негізінде сорбциялық-
белсенді материалдың құрылымдық-фазалық күйінің өзгеруі**

Қазіргі уақытта бүкіл әлемде сутегі энергетикасына жаһандық көшуге ғылыми, аспаптық және технологиялық аспектілерде қызығушылықтың артуы байқалады, онда негізгі сәттер сутекті өндіру, сақтау, тасымалдау және алу технологиялары болып табылады.

Осыған байланысты бұл жұмыс химиялық таза сутекті қауіпсіз сақтау және тасымалдау мақсатында Ti-Al-Nb жүйесі негізінде сутекті жинақтайтын материалдарды жасаудың ғылыми және қолданбалы негіздерін әзірлеумен байланысты маңызды және күрделі ғылыми мәселелерді шешуге арналған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі

Қазіргі уақытта металл гидридтеріне негізделген қатты күйдегі сақтау жүйелері сутекті көп мөлшерде сақтаудың үлкен әлеуетін көрсетті.

Дәл осы металл гидридті жүйелер сутекті сақтаудың ең тартымды нұсқасы болып табылады және сенімді, жинақы және көп реттік қайтымды қасиеттерімен ерекшеленеді. Алайда, сутегі сақтау жүйелерінің техникалық және экономикалық орындылығы әлі іске асырылған жоқ, өйткені қолданыстағы металл гидридтерінің ешқайсысы оларды тәжірибелік қолданудың негізгі критерийлерін қанағаттандырмайды. Бұл негізінен олардың төмен сыйымдылығына, баяу кинетикасына және сутегі сорбциясы / десорбциясының қолайсыз температурасына байланысты.

ПМ-де титан негізіндегі интерметаллидті қорытпалардың синтезі сутекті қауіпсіз сақтау үшін материалдар алу саласындағы келешегі зор бағыттардың бірі болып табылады.

Бүгінгі таңда ниобий мөлшері жоғары деңгейдегі титан алюминидтері негізіндегі интерметаллидтерді зерттеу бойынша жұмыстар белсенді жүргізілуде, өйткені Ti-Al-Nb жүйесінің ИМҚ рөлі құрылымдық материалдар ретінде жыл сайын артып келеді. Сонымен қатар, Ti-Al-Nb жүйесінің ИМҚ қасиеттері сутекті сіңіруге жақсы бейімделген, сондықтан сутекті сақтау мәселелерін шешуге арналған кандидат материалдар ретінде қарастыруға болады. Бұл жүйеде қорытпалар әдетте төмен тығыздыққа ие, сондықтан олар жоғары мөлшерде сутегі сыйымдылығына қол жеткізуде үлкен артықшылыққа ие. B2, Ti₂AlNb, Ti₃Al фазаларына негізделген барлық титан алюминидінің ИМҚ жеткілікті мөлшерде сутегі сіңіреді және құрамында ұстай алады.

Атап айтқанда, Ti₃Al фазасына негізделген интерметаллидтер көп мөлшерде сутекті сіңіре алады (4 мас. %). Алайда, мұндай материалдарды сутегі жинақтағыш ретінде қолдануға олардың десорбция кезіндегі жоғары температуралық тұрақтылығы кедергі келтіреді. Ti₃Al-ға Nb қосу кезінде пайда болатын ОЦК негізіндегі фазалар (B2, Ti₂AlNb) сутекті оданда жоғарғы сіңіру қабілетіне ие болуы мүмкін, өйткені ОЦК негізіндегі әлсіз оралған құрылымдар, әдетте, сутегі сіңіруде

ГЦК және ГПУ негізіндегі тығыз қапталған құрылымдардан асып түседі. Бұған сутегі атомдарымен толтырылған көп мөлшердегі бос орындары бар наноөлшемді фазалар ықпал етеді.

Сонымен бірге, Ti-Al-Nb жүйесінің қорытпаларын сутекті сақтау үшін пайдалану, ИМҚ-ды реттелетін қасиеттердің кең ауқымына бағытталған көптеген зерттеулерді қажет етеді. Титан негізіндегі ИМҚ қасиеттері мен құрылымы оларды өндірудің технологиялық әдістеріне, қоспаланған компоненттің мөлшеріне және бастапқы шихтадағы компоненттер арасындағы қатынасқа тікелей байланысты. Сонымен қатар, ғылыми-техникалық әдебиеттерде сорбция / десорбцияның көпреттік процестері кезінде осы материалдардың циклдік тұрақтылығы туралы мәліметтер жоқ. Металл гидридтері мен ИМҚ-ды техникалық қолдану үшін ұзақ циклде олардың қасиеттерінің тұрақтылығы, сондай-ақ жоғары температуралық әсер кезінде жылу тұрақтылығы қажет. Қоспаланған элементтердің құрамына, өндіріс технологиясына және температура режимдеріне байланысты қажетті құрылымы мен фазалық күйі бар әртүрлі гидридті жүйелерді алуға болатындығы түсінікті. Алайда, сутекті сақтауға арналған металл гидридтері мен ИМҚ жұмыс ресурсын тек зертханалық жағдайда модельдік сынақтар арқылы анықтауға болады.

Осы жұмыстың мақсаты: МА, ИПБ үдерісі және сутегімен термоциклді сіңірілу кезінде Ti-Al-Nb жүйесінің ИМҚ құрылымдық-фазалық күйінің қалыптасу заңдылықтарын белгілеу.

Осы мақсатқа жету үшін келесі **міндеттер** тұжырымдалды және шешілді:

1. МА кезінде Ti-Al-Nb жүйесінің ұнтақ құрамындағы фазалық құрамы мен құрылымын қалыптастыруды зерттеу;
2. Ti-Al-Nb жүйесінің ұнтақ құрамынан сутегі жинақтайтын материалдарды алу әдісін жасау;
3. Ti-Al-Nb жүйесінің механикалық белсендірілген ұнтақ құрамының фазалық құрамы мен құрылымын қалыптастыруға ИПБ режимдерінің әсерін белгілеу;
4. Ti-Al-Nb жүйесінің ИМҚ құрылымдық-фазалық күйіне сутегінің сорбция / десорбцияның термоциклдік үдерістерінің әсерін тәжірибелік зерттеу.

Қорғауға шығарылатын негізгі қағидалар:

1. МА кезіндегі Ti-25Al-25Nb (ат.%) жүйесінің фазалық құрамы мен ұнтақ құрылымының қалыптасуы.

20 мин. және 180 мин. аралығында 650 об./мин. және 350 об./мин., сәйкесінше, МА процессі салдарынан макро- және микро бұрмалаулары, жоғары меншікті бетінің дамыған ауданы және реактивтілігі артқан құрылымы бар Ti-Al-Nb жүйесінің ұнтақ композициясы қалыптасады;

2. Ұшқын плазмасымен агломерациялау температурасына байланысты, Ti-Al-Nb жүйесінің механикалық белсендірілген ұнтақ композицияларының құрылымы мен фазалық түзілу ерекшеліктері.

Механикалық белсендірілген Ti-25Al-25Nb (ат.%) жүйесінің ұнтақ композициясын 1300 °C және 5 мин. аралығында ұшқын плазмасымен агломерациялау нәтижесінде құрамында орторомбты NbAlTi₂ фазасы бар, микрогомогенді, екі фазалы (O+B2) құрылым түзеледі;

3. Термиялық цикл кезіндегі Ti-25Al-25Nb (ат.%) жүйесінің екі фазалы (O + B2) қорытпасының құрылымдық-фазалық күйінің және сорбциялық қасиеттерінің айтарлықтай термиялық тұрақтылығы.

Ti-25Al-25Nb (ат. %) жүйесі қорытпасының екі фазалы (O + B2) құрылымы көп ретті (10 цикл) жоғары температурадағы (500/600 ° C) сорбциялық / десорбциялық (1,91 мас.%) процестердің нәтижесінде айтарлықтай өзгеріске ұшырамайды.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы - алғаш рет:

1. МА процесінде титан интерметаллидтерінің құрылымының түзілуіне әсері бойынша бастапқы шихтадағы элементар ұнтақтар бөлшектерінің размерлерінің әсері бойынша деректер алынды;

2. әдістеме әзірленді және Ti-Al-Nb жүйесінің ұнтақ құрамының МА оңтайлы режимдері анықталды.

3. ИПБ кезінде Ti-Al-Nb жүйесінің механоактивті ұнтақ құрамының құрылымы мен фазалық құрамының қалыптасу ерекшеліктері сипатталған және түсіндірілген;

4. сутегі сорбциясы / десорбциясының термоциклді процестерінің Ti-Al-Nb жүйесінің ИМҚ құрылымдық-фазалық күйлеріне әсері зерттелді.

Зерттеу нысаны:

Жоғары энергиялы өңдеуден және көпреттік сорбция / десорбция процестерінен кейінгі Ti-Al-Nb жүйесінің ұнтақты құрамы.

Зерттеу пәні:

Ti-Al-Nb жүйесінің ұнтақ құрамындағы Ti₃Al, Ti₂AlNb, Nb₂Al және B2 МА үдерісінде және кейінгі ИПБ-да қалыптасу ерекшеліктері, сонымен қатар термоциклді сорбция / десорбция процестерінің құрылымдық-фазалық күйлеріне және Ti-Al-Nb жүйесінің ИМҚ қасиеттеріне әсері.

Зерттеу әдістері:

Зерттелетін үлгілердің құрылымы мен фазалық жағдайын талдау үшін оптикалық, сканерлеу және сәулелі электронды микроскопияны металлографиялық зерттеу әдістері, сондай-ақ рентгендік құрылымды талдауды қолдана отырып, қолданылды. Элемент құрамын анықтау үшін рентгендік спектрлік микроанализ әдісі қолданылды. IMS пайдалану қасиеттерін анықтау "ВИКА" эксперименттік қондырғысында жүргізілді. Бұл қондырғы 20 °C-тан 1500 °C-қа дейінгі температура аралығында термодесорбция әдісімен материалдарға зерттеу жүргізуге арналған.

Практикалық маңыздылығы.:

1. Алдын ала механикалық активтендірудің технологиялық әдістерін, содан кейін ұшқын плазмасын агломерациялауды қолдану, сондай-ақ термоциклдік сорбция/десорбция процестеріндегі Ti-Al-Nb жүйесінің интерметалл қосылыстарының мінез-құлқын зерттеу бойынша тәжірибелік нәтижелерді сутекті тасымалдауға арналған материалдарды жасау бойынша ғылыми-зерттеу бағытында енгізуге болады.

2. Диссертациялық жұмыс аясында ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүзеге асыру кезінде алынған мәліметтер тепе-тең емес жағдайда композиттердің қалыптасуын, атап айтқанда тез қыздыру және салқындату жағдайында, ұнтақ құрамының жоғары энергиялы өңдеу әсерінен өзгеруі жайлы мәлімет береді. Сондай-ақ, олар сутегі энергетикасы, автомобиль және аэроғарыш салаларында қолданылатын оңтайлы қасиеттер кешені бар жаңа құрылымдық материалдарды жасау технологиясы туралы қосымша білім береді.

3. Зерттеудің тәжірибелік нәтижелері Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығында титан алюминидтері негізінде сутекті тасымалдауға арналған материалдарды алу әдісін әзірлеу бойынша келесі тақырыптарда қолданылуда:

– 2021-2023 жылдарға арналған ғылыми, ғылыми-техникалық бағдарламаларды бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде «Қазақстан Республикасында баламалы энергетиканы дамыту үшін сутегін өндіру және сақтау технологияларын әзірлеу» ИРН BR10965284;

– 2021-2023 жылдарға арналған «Қазақстан Республикасында ядролық және энергетикалық жобаларды әзірлеу» ғылыми-техникалық бағдарламасы шеңберінде «Орторомбты титан алюминиді негізіндегі қорытпалардың қасиеттері кешенінің қалыптасуына термиялық өңдеудің әртүрлі температуралық-уақыттық параметрлерінің әсерін зерттеу», ИРН BR09158470.

Автордың жеке үлесі:

Автор зерттеу міндеттерін қоюға тікелей қатысты, патенттік іздеу мен әдеби деректерді жеке талдады, эксперименттер мен аналитикалық жұмыстарға қатысты, нәтижелерді статистикалық өңдеуді жүзеге асырды. Алынған нәтижелерді талдау және негізгі қорытындыларды тұжырымдау ғылыми консультанттармен бірлесіп орындалды.

Тақырыптың ғылыми-зерттеу бағдарламаларының жоспарларымен байланысы:

Жұмыс мемлекетаралық жоба және мемлекеттік бюджеттік ғылыми-зерттеу бағдарламасы аясында жүргізілді, онда автор жауапты орындаушы ретінде қатысты:

– «Прометей» құрылымдық материалдардың орталық ғылыми-зерттеу институты» Федералдық мемлекеттік унитарлық кәсіпорнының («Прометей ЦНИИ КМ» ФМУС, Санкт-Петербург, РФ), «Ұнтақты металлургия институты» мемлекеттік ғылыми мекемесі (Минск, Беларусь Республикасы) және Қазақстан Республикасының «Ұлттық ядролық орталық» (Қазақстан Республикасы ҰЯО РМК, Қазақстан Республикасы, Курчатов қаласы) қатысуымен орындалған мемлекетаралық сутегі энергетикасына бағытталған жоба (ішкі келісім № 14.627.21.0003)

– 2018-2020 жылдарға арналған «Сутегін сақтау және тасымалдау бойынша Ti-Al-Nb жүйесі негізінде перспективалық материалдарды зерттеу» (Мемлекеттік тіркеу нөмірі – 0118PK01124).

Нәтижелердің негізділігі мен дұрыстық дәрежесі:

Жақсы тексерілген эксперименттік және зерттеу әдістерін қолданумен, тәжірибелік мәліметтердің статистикалық өңдеумен қамтамасыз етіледі. Диссертацияның негізгі нәтижелері Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда, сондай-ақ ThomsonReuters және Scopus дерекқорына енгізілген рецензияланатын шетелдік ғылыми журналдарда жарияланған.

Жұмыс нәтижелерін апробациялау:

Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері мен нәтижелері бес халықаралық конференцияда ұсынылған:

1. «Ядролық энергетиканың болашағы» XIV халықаралық ғылыми-практикалық конференция (2018 ж., Обнинск қ.);

2. 14-ші халықаралық конференция «Жаңа материалдар мен технологиялар: ұнтақты металлургия, композиттік материалдар, қорғаныш жабындары, дәнекерлеу», (2020 жыл Минск);

3. «Алдыңғы қатарлы материалдарды өндіру және зерттеу: жаңа технологиялар мен әдістер» халықаралық конференциясы (2021, Өскемен қ.);

4. Ресей және халықаралық инженерлік академиялардың халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы, (2021 ж., Санкт-Петербург);

5. «Семей полигоны: ғылыми-техникалық әлеуеттің мұрасы және даму болашағы» ІХ халықаралық конференция (2021, Курчатов қ.).

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің техникалық физика кафедрасының ғылыми семинарларында, ҚР ҰЯО РМК Ғылыми-техникалық кеңесінің отырыстарында, сондай-ақ ШҚТУ және ВКУ университеттерінің докторанттарына арналған ай сайынғы және тоқсан сайынғы ғылыми семинарларда баяндалып, талқыланды.

Мақалалар:

Диссертацияда баяндалған зерттеулердің нәтижелері бойынша 7 баспа жұмысы жарияланды, оның ішінде ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған рецензияланатын ғылыми басылымдарда – 3, Scopus және Web of Science – 3 базасында индекстелетін журналдарда, пайдалы модельге 1 патент алынды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі:

Жұмыс кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. 122 бетте мазмұндалды, 48 суреттен, 19 кестеден және 131 атаудан және пайдаланылған дереккөздердің тізімінен тұрады.