

**AP19675471 «Аддитивті әдіспен  $Al_xFe_ySi$  жүйесінің композиттік керамикалық материалдарын синтездеу технологиясын жасау» - Ғ.Ж. Андреященко В.А.**

***Өзектілігі:***

Алюминий қорытпаларын қолданудың көптеген басқа қорытпаларға қарағанда сөзсіз артықшылығы бар, олар ең алдымен жеңіл салмаққа, жақсы пайдалану қасиеттеріне, жоғары электр өткізгіштікке, коррозияға қарсы қасиеттерге және жеткілікті механикалық өнімділікке байланысты. Алайда, бұл сипаттамалардың жоғары деңгейіне жету үшін қымбат, әдетте сирек жер элементтерімен қоспалау талап етіледі. Бұл тәсіл дайын бөлшектердің құнының күрт өсуіне әкеледі.  $MeSi$  типті керамиканың (силицидтер) қаттылығы жоғары пен тозуға төзімді. Алюминий негізіндегі бөлшектердің сапасын жақсарту мәселесін шешу үшін  $Al_xFe_ySi$  композициялық керамикалық материалын жасау туралы шешім қабылданды. Материалдың бірегейлігі алынған композициялық керамикалық материалдардың пластикалық деформацияны қабылдау қабілетін қамтамасыз ететін жоғары симметриялы кристалдық торға ие  $Al_8Fe_2Si$  фазасын қалыптастыру мүмкіндігін қамтиды.

***Жобаның мақсаты:***

$Al_xFe_ySi$  жүйесінің композициялық керамикалық материалдарын синтездеу технологиясын материалдар құрылымы мен олардың негізіндегі бөлшектердің сапасын жақсарту үшін аддитивтік әдісті қолдана отырып әзірлеу.

***Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер:***

**2023 жылға күтілетін нәтижелер:**

Қоспалауыш элементтердің толық тізбесі және олардың пайыздық құрамы үнемді қоспалау қағидаттары негізінде айқындалады, синтезделетін композиттің фазалық және термодинамикалық талдауы орындалады. Композициялық материалды синтездеу үшін шихта материалдарын дайындау жүзеге асырылады: қоспалауыш компоненттерді ұсақтау және ұнтақтау, мөлшері бойынша жіктеу, фракциялық талдау. Шихта материалдарының қоршаған атмосферамен өзара әрекеттесуін болдырмайтын қождама құрамына таңдау жасалады және оны дайындау жүзеге асырылады. Эмпирикалық түрде синтез режимдері таңдалады және композициялық материалды алу процесін сипаттайтын математикалық тәуелділіктер алынады. Баяндаманы жариялай отырып, халықаралық конференцияға қатысады.

***2023 жылы қол жеткізілген нәтижелер:***  $Al_8Fe_2Si$  фазасының әрекет ету аралығын кеңейтетін қоспалауыш элементтер анықталды, қоспалауыш элементтердің толық тізімі және олардың пайыздық мөлшері үнемді қоспалау принциптері негізінде анықталды. Синтезделетін композиттің фазалық және термодинамикалық талдауы жасалды. Аяқтау формасы - ThermoCalc бағдарламалық жасақтамасындағы термодинамикалық және фазалық талдау.

$Al-Fe-Si$  жүйесінің негізгі қоспалауыш элементтеріне мыс, никель, магний, хром, марганец және бор жатады. Үнемді қоспалау принциптерін басшылыққа ала отырып, 1% дейінгі мөлшерде қоспалауыш элементтерді енгізу қарастырылды. Бұл қоспалауыш элементтер  $Al_8Fe_2Si$  жоғары симметриялы фазасының температуралық түзілу шекараларының өзгеруіне ықпал ететіні анықталды, мыс қосу төменгі түзілу шекарасының төмендеуіне әкеледі, никель, керісінше, төменгі және жоғарғы шекараларды жоғарылатады, ал барлық қарастырылған элементтер үшін фаза темір мөлшері 35%-дан аспайтын мөлшерде байқалады. Марганец  $Al_8Fe_2Si$  фазасының әрекет ету шекараларын кеңейтеді.

Композициялық материалды синтездеу үшін шихта материалдарын дайындау жүргізілді: қоспалауыш компоненттерді ұсақтау және ұнтақтау, мөлшері бойынша жіктеу, фракциялық талдау.

Шихта материалдарына дифференциалды термиялық талдау жасалды, термограммалар алынды. Зерттеу әрбір тәжірибені кемінде 3 рет қайталай отырып, 10 құрамда жүргізілді. Термограммаларды фазалық диаграммалармен салыстыру термограммада байқалған эндотермиялық әсерлер сұйық фазаның бөлінуінің басталу температурасына сәйкес келетінін көрсетті.

Компоненттердің қажетті арақатынасын ескере отырып, шихтаны механикалық қоспалау және жинақтау, мөлшерлеу және буып-түю орындалды.

Шихта материалдарының қоршаған атмосферамен өзара әрекеттесуін болдырмайтын қождама құрамына таңдау жасалды. Оны дайындау жүзеге асырылды. Қождаманың гранулометриялық талдауы жасалды.

Доғалы дәнекерлеу және балқыту үшін қождаманың идәнекерлеу-технологиялық қасиеттері мынадай көрсеткіштермен анықталады: - доғаның жануға жоғары төзімділігі; - жіктің негізгі металға біртіндеп айнала отырып, сапалы қалыптасуы; қуыстар мен жарықшақтарды түзуге төмен бейімділік; - қож қабығының тез бөлінуі. Газ өткізгіштігі, қождаманың құрамы және олардың қолданылуы туралы деректер негізінде зерттеу үшін екі дәнекерлеу қождамасы таңдалды: АН348 және АН60. Үлгілердің үш тобына: шихтаға, қождамасы бар шихтаға, қождамаға рентгендік-фазалық зерттеулермен нәтижелерді тексеру арқылы термогравиметриялық талдау жүргізілді. Үлгілер топтарының ішінде қождаманың фракциялық құрамы, қождама мөлшері, қождама түрі өзгерді. Эксперименттік деректер негізінде шихта материалдарының қоршаған атмосферамен өзара әрекеттесуін болдырмайтын қождаманың құрамы таңдалды. АН-348А қождама үлкен тиімділікті көрсетті. Сондықтан одан әрі балқыту бойынша эксперименттер үшін АН-348А қождама қабылданды.

Эмпирикалық жолмен синтез режимдері таңдалады және композициялық материалды алу процесін сипаттайтын математикалық тәуелділіктер алынады. Металл-керамикалық материалды аддитивтік әдіспен синтездеу тиімділігін қамтамасыз ететін негізгі технологиялық жағдайлар анықталды. Негізгі технологиялық факторлар ретінде: 1. Шихтаны төсеу тәсілі; 2. Ток шамасы; 3. Шихта қалыңдығының, электрод қалыңдығының, қождама мөлшерінің арақатынасы; 4. Қождаманың гранулометриялық және химиялық құрамы; 5. Шихтаның фракциялық құрамы анықталды. Келесі технологиялық факторлардың әсері зерттелді: шихта төсеудің әртүрлі нұсқалары зерттелді: негіз бен электрод арасында, электродта, алдын-ала жинақталған және тығыздалмаған шиха, шихта мөлшерінің әртүрлі қатынасы және оны орналастыру; шихта қалыңдығының, электродтың және қождама мөлшерінің металл-керамикалық материалдардың синтезіне әсері зерттелді, режимнің (ток шамасының) материалды синтездеу процесіне әсері, қождаманың гранулометриялық және химиялық құрамының әсері анықталды, шихта мен қождаманың фракциялық құрамының әсері, электрод пен негіз арасындағы саңылау шамасының доғаның қалыптасуына әсері зерттелді. Аддитивтік әдісті қолдана отырып, композициялық материал компоненттерін синтездеу технологиясы жасалды. Алғаш рет Al-Fe-Si жүйесінің металл-керамикалық материалы балқытылған электродпен балқыту әдісімен алынды. Алғаш рет Al-Fe-Si жүйесінің металл-керамикалық материалы ұнтақ қабатында балқыту әдісімен алынды.

#### 2024 жылға күтілетін нәтижелер:

- 2024 жылы: Композициялық материалдың синтезі орындалады, процесті іске асырудың ұтымды параметрлері әзірленеді және тәжірибелік партия алынады. Алынған композитті термиялық өңдеу режимі жасалады. Композициялық керамикалық материалдың тәжірибелік партиясы дайындалады және синтез және

термиялық өңдеу процесін жүзеге асырудың ұтымды параметрлері тәжірибелік түрде анықталады. Алынған композициялық керамикалық материалдың пластикалық деформацияны, оның ішінде жоғары температурада қабылдау қабілеті зерттеледі. Алынған керамикалық материал пластикалық өңделеді, қалыптың өзгеру ерекшеліктері, деформациялану процесінің энергия параметрлері зерттеледі. Алынған композиттің шекті икемділігі анықталады, әртүрлі деформациялану процестерінде бұзылу сәтін болжауға мүмкіндік беретін көрсеткіштер анықталады.

Баяндамаларды жариялай отырып, екі халықаралық конференцияға қатысатын болады, Web of Science базасының Science Citation Index Expanded индекстелетін және (немесе) Scopus базасында кемінде 35 (отыз бес) CiteScore бойынша процентилі бар рецензияланатын ғылыми басылымдарда мақала және (немесе) шолу жарияланатын болады.

#### 2024 жылы қол жеткізілген нәтижелер:

Композициялық материалдың синтезі жасалды, процесті жүзеге асырудың ұтымды параметрлері жасалды. Алынған композитті термиялық өңдеу режимі әзірленуде. Синтез процесін жүзеге асырудың ұтымды параметрлері тәжірибе жүзінде анықталды.

Al-Fe-Si жүйесінің қорытпасы көлденең балқытын электродпен балқыту арқылы аддитивті әдіспен синтезделді. Синтез көлденеңінен орнатылған алюминий тілімшелерден жасалған пакетті қолдану арқылы жүзеге асырылады, электрод ретінде темір болды, ал кремний алюминий тілімшелері арасында ұнтақ түрінде қосылды. Пакетті балқыту болат электродтан жанатын дәнекерлеу доғасымен жүзеге асырылды. Бұл жағдайда пакеттің қалыңдығын ескере отырып, балку тоғы тандалды, балку процесі қорытпа компоненттерінің тотығуынан және булануынан қорғау үшін дәнекерлеу қождамасының астында жүрді. Қажетті құрам алюминий, кремний және темір мөлшерін таңдау арқылы қамтамасыз етіледі. Алюминий тілімшелерінің, электродтардың және ұнтақ тәрізді материалдардың арақатынасының өзгеруі лигатуралар немесе арнайы ферроқорытпалар түріндегі қорытпалардың қымбат бастапқы компоненттерін пайдаланбастан композиттің механикалық және пайдалану қасиеттерін өзгертуге мүмкіндік береді. Кремнийді қосу алюминий тілімшелерге алдын ала ұсақталған кремнийді дымқыл әдіспен жағу, содан кейін бөлме температурасында кем дегенде 12 сағат кептіру арқылы жүзеге асырылады. Алюминий тілімшелерін пакетке жағылған кремниймен қосу немесе қабаттап немесе жұптап жүргізілуі мүмкін. Осындай синтез әдісін қолдана отырып алынған материал жинақты болып табылады, біртекті микроқұрылымы және механикалық қасиеттері жоғары болады.

Термиялық өңдеу режимін әзірлеу үшін үш негізгі режим сыналды: - қыздыру, ұстау, ауада салқындату; - қыздыру ұстау, суда салқындату; - қыздыру, ұстау, пешпен бірге салқындату; - кәдімгі термиялық пештерді пайдалану кезінде қол жетімсіз болатын қыздыру және салқындату жылдамдығының бақыланатын режимін қамтамасыз ету үшін дилатометр ортасында күйдіру (қыздыру, ұстау, бақыланатын жағдайларда салқындату).

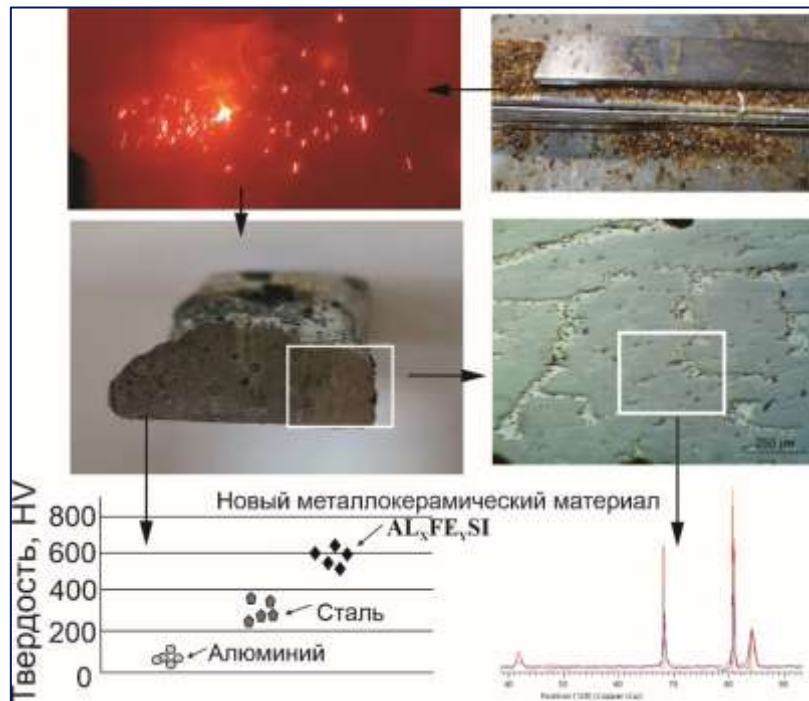
#### 2024 жылғы басылымдар тізімі:

- Андреев В.А. Изучение технологии синтеза металлокерамического материала системы  $Al_xFe_ySi$  // Труды университета №1 (94), 2024, 50-56;

Толлеуова А.Р., Андреев В.А. Компьютерное моделирование процесса формирования алюминиевой матрицы с помощью программы Thermo-Calc // Вестник ВКТУ №1, 2024, с. 244-251, DOI 10.51885/1561-4212\_2024\_1\_244



1-сурет -  $Al_xFe_ySi$  жүйесінің композициялық керамикалық материалдарын аддитивтік әдісті қолдану арқылы жасау бойынша зерттеу тобының жұмысы



2-сурет - Жаңа металл керамикалық материалдың негізгі идеясы



**3-сурет - APCON-2024 Халықаралық ғылыми конференциясына қатысу, Словакия Республикасы**

***Зерттеу тобы:***

р/к №	Аты-жөні (бар болса), білімі, дәрежесі, ғылыми атағы	Хирш индексі, ResearchID, ORCID, Scopus Author ID сәйкестендіргіштері (бар болса)
1	Андреященко Виолетта Александровна, PhD, металлургия мамандығы бойынша қауымдастырылған профессор (доцент), «КОРМС» ИБЗЗ басшысы	Хирш индексі (Scopus) – 7; Хирш индексі (WoS) - 6; ResearchID: H-4328-2013; ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-6933-8163">https://orcid.org/0000-0001-6933-8163</a> ; Scopus Author ID 55308057400 .
2	Барте́нев Игорь́ Анато́льевич, т.ғ.к., доцент, ТЖМЖС каф. доценті	Хирш индексі (Scopus) – 1; ORCID: 0000-0001-8982-7319 ; Scopus Author ID: 57207457067.
3	Ибатов Марат Кенесович, т.ғ.д., КТЖЛЖ каф. профессоры	Хирш индексі (Scopus) – 3; Хирш индексі (WoS) – 2; ResearchID: N-9320-2017; ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-5062-7790">https://orcid.org/0000-0001-5062-7790</a> . Scopus Author ID: 57189211438.
4	Алина А.А., магистр, НТМ каф. аға оқытушысы	Хирш индексі (Scopus) – 1, Хирш индексі (WoS) – 1. ResearchID:DRQ-4173-2022, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-3577-4914">https://orcid.org/0000-0003-3577-4914</a> , Scopus Author ID: 57218196165.
5	Малашкевичуте-Брийан Е.И., магистр, НТМ каф. аға оқытушысы	Хирш индексі (Scopus) – 1; Scopus Author ID: 5876248970

***Жарияланымдар тізімі:***

1. Андрященко В.А. Влияние флюсов при получении металлокерамических материалов системы Al-Fe-Si// ВЕСТНИК КГИУ № 2 (41) 2023 г., с. 25-30.
2. Андрященко В.А., Толеуова А.Р. Современные методы синтеза металлокерамических материалов системы Al-Fe-Si//Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации и комплексная переработка минерального сырья - актуальные составляющие диверсификации экономики», посвященной 30-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, Алматы, 2023г., с. 107-109.
3. Толеуова А.Р., Андрященко В.А. Компьютерное моделирование фазовых процессов в алюминиевой матрице//Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации и комплексная переработка минерального сырья - актуальные составляющие диверсификации экономики», посвященной 30-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, Алматы, 2023г., с. 82-83
4. Андрященко В.А. Изучение технологии синтеза металлокерамического материала системы  $Al_xFe_ySi$  / /Труды университета №1 (94), 2024, 50-56; DOI: 10.52209/1609-1825\_2024\_1\_50
5. Толеуова А.Р., Андрященко В.А. Компьютерное моделирование процесса формирования алюминиевой матрицы с помощью программы Thermo-Calc // Вестник ВКТУ №1, 2024, с. 244-251, DOI 10.51885/1561-4212\_2024\_1\_244

***Әлеуетті пайдаланушыларға арналған ақпарат:***

Жобаның нәтижелері ауыр жағдайларда жұмыс істейтін және тез тозуға ұшырайтын машиналардың элементтерін жасау үшін қолданылады. Жаңа қорытпаны конструкциялық материал ретінде пайдалану дайын өнімнің салмағын болат өнімдермен салыстырғанда едәуір төмендетуге мүмкіндік береді (2 еседен астам), бұл ретте жаңа композициялық материалдың қаттылығы жоғары.

***Қолдану саласы:***

Автомобиль жасау және машина жасау саласы жобасының нәтижелерін қолдану саласы. Алынған нәтижелердің мақсатты тұтынушылары машина жасау және автомобиль жасау кәсіпорындары, ауыр жағдайларда жұмыс істейтін және тез тозуға ұшырайтын машина элементтері болады.

*Ақпаратты жаңарту күні: 05.07.2024 ж.*