

Капсаламова Фарида Ришадқызының
«ҚАТТЫ КҮШ ПЕН СОҚҚЫҒА ҰШЫРАЙТЫН БӨЛШЕКТЕРДІ
ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУГЕ АРНАЛҒАН ЖАҢА ТЕМІР НЕГІЗІНДЕГІ
ӨЗДІГІНЕН ФЛЮСТЕЛЕТІН ҰНТАҚТЫ БАЛҚЫМА МАТЕРИАЛДЫ
ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ӘЗІРЛЕУ»

тақырыбындағы

6D071000 - «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы»
мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін
дайындалған диссертациялық жұмысына

АҢДАТПА

Диссертациялық жұмыстың мақсаты. Механоактивация әдісімен темір негізіндегі өздігінен флюстелетін ұнтақты балқыма материал алудың физика-химиялық негіздемесі.

Зерттеу міндеттері.

Зерттеу мақсатына жету үшін келесі **міндеттер** шешілді:

1. Балқыма қорытпаны алу үшін темір негізіндегі ұнтақ құрамын механоактивациялау процесінің мүмкіндіктері мен перспективаларының теориялық негіздемесі.
2. Қорытпадағы физикалық-химиялық түрленулердің термодинамикалық есебі $40\%Fe-30\%Ni-16\%Cr-5\%Cu-5\%Si-3\%B-1\%C$.
3. Газды жалынмен балқыту үшін темір негізіндегі өздігінен флюстелетін ұнтақты балқыма қорытпасын алу үшін механоактивация процесінің оңтайлы технологиялық параметрлерін таңдау.
4. Механоактивация кезінде пайда болатын беттік қорытпадағы құрылымдық және фазалық өзгерістерді зерттеу.
5. Газ жалынымен балқыту әдісімен алынған беттік жабынның физикалық-химиялық ерекшеліктері мен механикалық қасиеттерін зерттеу.
6. Механоактивация әдісін қолдану мүмкіндігін көрсететін газ жалынымен балқыту үшін темір негізіндегі өздігінен флюстелетін ұнтақты балқыма қорытпадан тозуға төзімді жабынды алу технологиясын әзірлеу.

Зерттеу әдістері.

Зерттеу жұмысында аспаптар мен талдағыштардың келесі түрлері қолданылды:

- фазалық түрлендірулерді термодинамикалық модельдеу CALPHAD әдісімен фазалық тепе-теңдікті сандық модельдеуге және TTFе - Thermotech Fe-based Alloys database дерекқорын пайдалануға негізделген Thermo-Calc бағдарламалық кешені (TCW5 нұсқасы) арқылы қорытпаның фазалық диаграммасының тән политермиялық кесінділерін компьютерлік есептеу арқылы жүргізілді;

- ұнтақ қоспасын механоактивациялау үшін MPP-2-1K планетарлық диірмені қолданылды; конгломерация LH15/12 (Nabertherm) моделіндегі жоғары температуралы камералық пеште жүзеге асырылды; газ жалынымен балқыту бір өткелде пропан-оттегі алауымен жүргізілді;

- сынама дайындау Secotom-50 кесу машинасының, Tegramin-25 / -30 үстел үсті тегістеу-жылтырату станогының көмегімен жүргізілді;

- рентгенофазалық талдау D8 ADVANCE "Bruker Elemental GmbH" дифрактометрінде 36 кВ үдеткіш кернеуде, 25 мА токта DIFFRAC plus SEARCH фазалық іздеу бағдарламасын пайдалана отырып, мыс сәулеленуінде жүзеге асырылды;

- механоактивациядан және балқытылған жабыннан кейінгі үлгілердің құрылымын, бөлшектердің таралуын және элементтік және фазалық құрамын картаға түсіруді зерттеу JEOL (Жапония) фирмасының JXA-8230 электронды зондты микроанализаторында 25 кВ үдеткіш кернеуде және электронды сәуле тогында 100 нА дейін жүргізілді;

- балқыма ұнтақтың термиялық талдауы квадруполды масс-спектрометрі бар TG-DTA/DSK синхронды термиялық анализаторын: STA 449 F3 Jupiter ® "NETZSCH" (Германия) қолдана отырып жүргізілді;

- NEOPHOT – 32 оптикалық микроскопының көмегімен газ жалынымен балқыту арқылы алынған беттік жабын үлгілеріне металлографиялық талдау жасалды;

- механикалық қасиеттерді өлшеу тозуды анықтау үшін ПМТ-3 қатты өлшегішін, 2070 СМТ-1 машинасын қолдану арқылы жүргізілді.

Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа тұжырымдар):

Диссертациялық жұмысты қорғауға мынадай ережелер шығарылады:

- Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B-C қорытпадағы фазалық өзгерістердің термодинамикалық есептеулерінің нәтижелері.

- Өртүрлі механоактивация режимдерінде 40%Fe-30%Ni-16%Cr-5%Cu-5%Si-3%B-1%C қорытпасындағы физика-химиялық түрленулер туралы деректер.

- Планетарлық диірмендегі шихтаны өңдеу жағдайларының құрылым мен физика-химиялық қасиеттердің қалыптасуына әсерін эксперименттік және теориялық қарастыру нәтижелері.

- Темір негізіндегі балқыма қорытпасының газ жалынымен бүрку нәтижесінде алынған тозуға төзімді беттік жабынның физика-химиялық қасиеттері.

- Газ жалынды балқытуға арналған механоактивация әдісімен өздігінен флюстелетін балқыма қорытпаны дайындаудың технологиялық схемасы.

Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы.

1 40%Fe-30%Ni-16%Cr-5%Cu-5%Si-3%B-1%C жүйесінің фазалық диаграммасындағы политермиялық кесінділер қорытпадағы фазалық түрленудің критикалық температурасын және осы процесте түзілетін фазалардың химиялық құрамын (α , β , β_2 , γ , γ_2 , L) анықтау үшін есептелген.

Қорытпаның кристалдану қисығы салынған. Термодинамикалық модельдеу нәтижелері балқытылған қорытпаның микроқұрылымы күрделене түсетінін және олардың балқуында фазалық құрамы өзгеретінін көрсетеді. Политермиялық кесінді барлық компоненттердің ~ 1400 °C температурада сұйық фазада толығымен еритінін көрсетті. Балқыманың кристалдануының температураға тәуелді табиғаты балқыманың тепе-тең емес кристалдануы 950 °C температурада тепе-теңдік фазасына ауысқанын көрсетті, бұл беттік жабынның ұсақ түйіршікті құрылымын көрсетеді.

2 Механоактивация процесінің ұнтақ қоспасының бөлшектерінің мөлшері $\sim 10-160$ мкм болатын және ұнтақ құрамының көлеміндегі элементтер біркелкі бөлінетін оңтайлы уақыты – 20 мин және энергия дозасы – кем дегенде $150-170$ КДж/г белгіленді. Бөлшектердің мөлшерін $60-140$ мкм-ге дейін ұлғайту үшін байланыстырушы зат ретінде 5% сұйық шыны пайдаланып конгломерация әдісін қолдану ұсынылды.

3 Механоактивация кезінде фазалық құрамның, $40\%Fe-30\%Ni-16\%Cr-5\%Cu-5\%Si-3\%B-1\%C$ қорытпасының құрылымының қалыптасуының жалпы заңдылықтары анықталды. Ұнтақ құрамындағы фазалық өзгерістерді зерттеу кезінде 1 мин механоактивациядан кейін көптеген жаңа фазалар пайда болатындығы және 20 мин-ге дейін қорытпа аралық фазаларды, интерметаллидтерді, карбидтерді, боридтерді қамтитын көп фазалы болатындығы анықталды. Балқыма ұнтақтың термогравиметриялық талдауы оттықтың ваннасының температурасы композицияның толық балқуын қамтамасыз ететіндігін көрсетті, ол ~ 1400 °C құрайды.

4 Механоактивация кезінде $40\%Fe-30\%Ni-16\%Cr-5\%Cu-5\%Si-3\%B-1\%C$ қорытпасындағы морфологиялық өзгерістердің жалпы заңдылықтары анықталды. 1-20 мин уақыт аралығындағы механоактивация ұзақтығына байланысты гранулометриялық құрамды зерттеу процестің оңтайлы уақытын – 20 мин орнатуға мүмкіндік берді, онда бөлшектердің мөлшері $\sim 10-160$ мкм құрайды. Механоактивация ұзақтығына байланысты ұнтақ қоспасының көлеміндегі элементтердің таралуын зерттеу нәтижелері процестің таңдалған оңтайлы уақытын растады, өйткені 20 минут ішінде барлық элементтер ұнтақ қоспасының көлеміне біркелкі бөлінеді.

5 Газ жалынымен балқыту нәтижесінде алынған беттік жабынның құрылымы мен механикалық қасиеттерін қалыптастырудың жалпы заңдылықтары анықталды. Металлографиялық және микроскопиялық талдаулардың көмегімен ледебурит қосындылары бар феррито-мартенситтік жабынның ұсақ түйіршікті құрылымы анықталды. тар картасын жасау элементтердің қаптау көлемі бойынша таралуы мен балқыма шекаралары біркелкі екенін анықтады. Жабынның механикалық қасиеттерін зерттеу нәтижелері $50,66$ МПа және қаттылық - $546,96$ HV созылу беріктігінің мәнін анықтады.

6 40%Fe-30%Ni-16%Cr-5%Cu-5%Si-3%B-1%C өздігінен флюстелетін балқыма ұнтақ материалынан тозуға төзімді беттік жабынды алудың технологиялық схемасы әзірленді, бұл газды жалынмен балқытуға арналған беткі материалдарды алу кезінде механоактивация әдісін қолдану мүмкіндігін көрсетеді.

Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу.

1) Жаңа өздігінен флюстелетін темір негізіндегі ұнтақты балқыма материал жасалды.

2) Беткі материалды алу үшін темір негізіндегі ұнтақты композицияны механоактивация мүмкіндіктері мен перспективалары теориялық тұрғыдан негізделген.

3) Газ жалынымен қаптауға арналған жаңа өздігінен флюстелетін ұнтақты беткі материал алу үшін механоактивация процесінің технологиялық параметрлері оңтайландырылды.

4) Выбраны методы исследований и анализа получаемых продуктов.

5) Механоактивация кезінде пайда болатын ұнтақ құрамындағы құрылымдық және фазалық өзгерістер зерттелді.

6) Газ жалынымен балқыту әдісімен алынған беттік жабынның құрылымдық ерекшеліктері мен механикалық қасиеттері зерттелді.

7) Газ жалынмен балқыту үшін балқыма материалдарын алу кезінде механоактивация әдісін қолдану мүмкіндігін көрсететін өздігінен флюстелетін ұнтақ материалдан тозуға төзімді беттік жабынды алудың технологиялық схемасы әзірленді.

Жүргізілген теориялық және эксперименттік зерттеулер нәтижелерінің жиынтығы пайдалану сипаттамаларының жоғары деңгейіне ие және машина жасау саласын жөндеу өндірісінде қолдануға арналған темір негізіндегі жаңа перспективалы беткі қорытпаларды әзірлеуге ықпал ететін болады. 40%Fe-30%Ni-16%Cr-5%Cu-5%Si-3%B-1%C алынған балқыма қорытпа тәжірибелік-эксперименттік сынақтан өтті және ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелеріне эксперименттік сынақтар жүргізу туралы актімен расталды. Жаңа тозуға төзімді беткі ұнтақ қорытпасын пайдалану жүк вагонының екі немесе одан да көп жоспарлы жөндеуге жүгіруін қамтамасыз ететіні көрсетілген. Бұл теміржол көлігінің бөлшектерін, атап айтқанда автотіркегіштерді газды жалынмен қаптау әдісімен жөндеу үшін темір негізіндегі әзірленген беткі ұнтақ материалының жарамдылығын көрсетеді.

Қойылған міндеттер саласында жүргізілген зерттеулер газотермиялық бүрку үшін 40%Fe-30%Ni-16%Cr-5%Cu-5%Si-3%B-1%C жаңа өздігінен флюстелетін беткі ұнтақ материалын алуды қамтамасыз етеді. Механоактивацияны қолдануға мүмкіндік беретін әзірленген технологиялық процесс дәстүрлі металлургиялық әдіс негізінде қолданыстағы технологияларға қарағанда экономикалық артықшылыққа ие. Ұнтақтың әзірленген жаңа құрамы және механолегирудің пайдаланылған әдісі

болашақта қолданылу әлеуеті жоғары 546,96 HV қаттылығы бар тозуға төзімді жабынды алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері жаңашылдыққа, практикалық құндылыққа ие, көп компонентті ұнтақтарды механоактивациялау механизмі туралы қолданыстағы идеяларды едәуір толықтырады және оларды осындай мәселелерді шешу үшін қолдануға болады. Ғылыми-техникалық әдебиеттерге жүргізілген шолу жұмыстың қазіргі ғылыми-техникалық деңгейге сәйкес келетіндігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Зерттеудің негізгі нәтижелері ККСОН ұсынған рецензияланған ғылыми, сондай-ақ нөлдік емес импакт-факторы бар журналда (Scopus дерекқорына кіретін) журналдарда жарияланған.

Ғылымның даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі. Диссертациялық жұмыс 2012-2014 жылдарға арналған "Инновациялық нәтижеге бағдарланған университеттік ғылымды нысаналы дамыту" бағдарламасы шеңберінде "Қазақстан-Британ техникалық университеті" АҚ-ның "Перспективалық материалдар мен технологиялар" зертханасында Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі қаржыландыратын "Темір жолдардың жылжымалы құрамының жауапты тораптары мен бөлшектерін оңалту үшін жаңа қорытпаны әзірлеу" тақырыбы бойынша орындалды.

Докторанттың әрбір жарияланымды дайындауға қосқан үлесінің сипаттамасы.

Автордың жеке үлесі жұмыстың мақсаты мен міндеттерін қою, эксперименттік зерттеулер жүргізу, алынған нәтижелерді өңдеу және талдау, тұжырымдар жасау, мақалалар мен баяндамалардың тезистерін жазу болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың материалдары Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған рейтингтік халықаралық (3) және қазақстандық ғылыми журналдарды (3) қоса алғанда, сондай-ақ халықаралық конференциялар материалдарында (5) 11 ғылыми жарияланымда жарияланды:

Thomson Reuters дерекқоры бойынша немесе Scopus халықаралық ғылыми дерекқорына кіретін басылымдардағы жоғары импакт-факторы бар мақалалар:

1. F.R. Kapsalamova, B.K. Kenzhaliyev, Vl.G. Mironov, S.A. Krasikov. Structural and Phase Transformations in Wear Resistant Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B-C Coatings // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2019. – Vol. 25, No 1. – P. 95-103.

2. F.R. Kapsalamova, S.A. Krasikov, V.V. Zhuravlev. Phase Transformations in a Fe–Ni–Cr–Cu–Si–B–C Composition during Mechanochemical Alloying // Russian Metallurgy (Metally). - Vol. 2021, No. 8. - P. 930–936.

3. F.R. Kapsalamova, S.A. Krasikov. Thermodynamic Estimation of the Phase Transformations of the Fe–Ni–Cr–Cu–Si–C System // Russian Metallurgy (Metally). - Vol. 2021, No. 8. - P. 1004–1009.

ҚР БҒМ Білім және ғылым БҒСБК ұсынған басылымдардағы мақалалар:

1. Ф.Р. Капсаламова, Б.К. Кенжалиев, В.Г. Миронов, Г.Т. Шилов. Распределение элементов в объеме порошка системы Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B-C в зависимости от времени механохимического легирования // Комплексное использование минерального сырья. – 2016. - № 2 (297). - С. 64-68.

2. Kapsalamova F. Studying the Properties of a Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B Powder System after Mechanochemic alloying // Herald of the Kazakh-British Technical University. – 2017. - № 2-3 (41-42). - P. 57-63.

3. Ф. Капсаламова. Оптимизация технологических режимов атритора для получения нового наплавочного материала // Промышленность Казахстана. – 2017. - № 2 (101). - С. 43-45.

Халықаралық конференция материалдарындағы жарияланымдар:

1. Kapsalamova F., Kenzhaliev B., Mironov V. Wear-Resistant Coating from Composite Powder Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B-C obtained by Gas-Flame Surfacing / Proceeding of the II International Scientific Conference Material Science “Nonequilibrium Phase Transformations”. - 12-15 September, 2016. - Varna, Bulgaria. - P. 41-42.

2. Kapsalamova F.R., Kenzhaliyev B.K., Mironov V.G., Shilov G.T. Application of the Mechanochemical Alloying in obtaining the Powder Alloy for Gas-Flame Spraying / XX Mendeleev Congress on general and applied chemistry. Volume 2b Chemistry and technology of Materials and Nanomaterials. - 26-30 September, 2016. – Ekaterinburg. – P. 278.

3. Ф.Р. Капсаламова, Б.К. Кенжалиев, В.Г. Миронов. Фазовые превращения в порошковом сплаве Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B-C, полученного методом механохимического легирования / Сборник трудов IV Международной научной конференции Современные проблемы физики конденсированного состояния, нанотехнологий и наноматериалов (Сарсембиновские чтения). - 10-12 октября, 2016. – Алматы. - С. 54-55.

4. F. Kapsalamova, B. Kenzhaliev, V. Mironov. Features of Structuring Iron based Coating Obtained using Gas Flame Surfacing Method / Proceeding of the 48th International October Conference on Mining and Metallurgy. - September 28 to October 01, 2016. - Bor, Serbia. - P. 85-87.

5. Капсаламова Ф.Р., Кенжалиев Б.К., Миронов В.Г., Шилов Г.Т. Получение нового порошкового сплава методом механохимического легирования для газопламенной наплавки / Тезисы докладов III Международной молодежной научной конференции Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2016. - 16–20 мая, 2016. – Екатеринбург: УрФУ. – С. 391-392.