

МАУЛЕТ МЕРУЕРТТИҢ
«8D05301 – Физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу
үшін ұсынылған
«Ni-Cr-Al негізіндегі детонациялық жабындардың құрылымы мен қасиеттерінің
қалыптасу заңдылықтары» тақырыбындағы диссертациясының
АҢДАТПАСЫ

Зерттеудің жалпы сипаттамасы. Диссертациялық жұмыс Ni-Cr-Al жүйесіндегі детонациялық жабындардың (қаптамалардың) құрылымы мен қасиеттерінің қалыптасу заңдылықтарын зерттеуге арналған. Детонациялық оқпанды жарылғыш газбен толтыру көлемін 25 %, 30 %, 40 % және 50 % өзгерткен кезде NiCr-Al жабынның морфологиясы мен элементтік құрамы зерттеліп, нәтижесінде детонациялық әдіспен элементтердің таралуы бойынша NiCr-Al негізіндегі элементтердің таралуы бойынша градиентті жабын алу әдісі тағайындалды. Элементтердің таралуы бойынша біртекті және градиентті NiCr-Al детонациялық жабындарының механика-трибологиялық және ыстыққа төзімділік қасиеттеріне салыстырмалы зерттеулер жасалды. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер жоғары температуралық тотығуға, агрессивті коррозиялық ортаға және қарқынды тозуға ұшырайтын бөлшектерге арналған NiCr-Al негізді қорғаныш жабындарын әзірлеу үшін маңызды.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Жоғары температурада жұмыс жасайтын бөлшектердің бетіне қорғаныш жабындарын алу қазіргі таңда кең таралған. NiCr-Al жабыны ыстыққа төзімді жабын ретінде энергетика саласында және газ турбиналарының қалақшаларын қорғауда кеңінен қолданылады. Алайда жабын бетінде жеткілікті мөлшерде оксид қорғаныш қабаттарын қалыптастыру үшін жабын алу әдіс тәсілдерін жетілдіру аса маңызды болып табылады. Қорғаныш жабындарын алу технологияларының арасындағы перспективалы әдістердің бері детонациялық бүрку жабын алу технологиясы. Бұл технология жарылғыш газдардың энергиясын пайдалана отырып, кеуектілігі төмен, адгезиялық берктігі жоғары жабындарды алуға мүмкіндік береді. Алайда детонациялық бүрку технологиясымен ыстыққа төзімді NiCr-Al негізіндегі жабын алу бағыты толық зерттелмеген. Осыған орай диссертациялық жұмыстың тақырыбы NiCr-Al негізіндегі детонациялық жабындарының құрылымы мен қасиеттерін зерттеуге арналады және жабын құрамындағы алюминийдің мөлшерін тұрақтандыру өзекті болып табылады.

Жұмыстың мақсаты: NiCr-Al негізіндегі детонациялық жабындарының құрылымы мен қасиеттерінің қалыптасу заңдылықтарын зерттеу және детонациялық әдіспен механикалық және коррозиялық қасиеттері жоғары NiCr-Al негізіндегі градиентті жабын алу әдісін әзірлеу.

Жұмыста қойылған мақсатқа жету үшін келесі **міндеттерді** шешу қажет:

- детонациялық бүрку кезінде NiCr-Al негізіндегі жабын құрылымының қалыптасуын зерттеу;
- детонациялық бүрку әдісімен NiCr-Al негізіндегі элементтердің таралуы бойынша градиентті жабын алу әдісін әзірлеу;
- детонациялық бүрку әдісімен алынған NiCr-Al негізіндегі элементтердің таралуы бойынша біртекті және градиентті жабындардың механика-трибологиялық және ыстыққа төзімділік қасиеттерін салыстырмалы зерттеу.

Зерттеу нысаны – детонациялық бүрку әдісімен алынған NiCr-Al негізіндегі жабындар.

Зерттеу пәні – детонациялық бүрку әдісімен алынған NiCr-Al жабынының құрылымдық-фазалық күйі және механика-трибологиялық, коррозиялық және ыстыққа төзімділік қасиеттері.

Зерттеу әдістері. Жұмыста қойылған міндеттерді орындау келесідей заманауи эксперименттік әдістер жабындардың құрамын, құрылымы мен қасиеттерін зерттеу үшін қолданылды: сканерлік электрондық микроскопия; рентгендік фазалық талдау; микро -

және наноинденттеу әдістері; адгезияны жұлып алу әдісімен анықтау; «шар-диск» және «сызықтық ілгерінді-кейінді тозу» схемалары бойынша трибологиялық сынақтар.

Жұмысты орындау кезінде Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің «Беттік инженерия және трибология» ғылыми-зерттеу орталығының, Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің, Вроцлав Ғылым және Технологиялар университетінің (Вроцлав қ., Польша) және AGH Ғылым және Технология Университетінің (Краков қ., Польша) зерттеу қондырғылары пайдаланылды.

Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы:

– алғашқы рет детонациялық бүрку кезінде оқпанды жарылғыш газбен толтыру көлемін өзгеруіне байланысты NiCr-Al негізіндегі жабын құрылымының қалыптасу заңдылықтары анықталды. Жүргізілген кешенді зерттеулер нәтижесінде детонациялық бүрку әдісімен механикалық и коррозиялық қасиеттері жоғары NiCr-Al элементтердің таралуы бойынша градиентті жабынын алудың тәсілі дайындалды. Бұл тәсілдің ерекшелігі детонациялық оқпанды оттегі-ацетилен қоспасымен толтыру көлемін өзгерту арқылы бір дозаторлы детонациялық қондырғыда NiCr-Al негізіндегі градиентті жабынын алу және бұл әдіс Қазақстан Республикасының «Функционалды-градиентті жабынды алу тәсілі» пайдалы модельге арналған патентімен қорғалды (№8922, 07.03.2024 жарияланды);

– алғашқы рет детонациялық бүрку әдісімен алынған элементтердің таралуы бойынша градиентті және біртекті NiCr-Al(20%) жабындарының механика-трибологиялық және ыстыққа төзімділік қасиеттеріне кешенді түрде салыстырмалы зерттеулер жасалды.

Қорғауға шығарылатын негізгі қағида:

1. *Детонациялық бүрку әдісімен NiCr-Al негізіндегі жабындардың қалыптасу заңдылықтары.* Детонациялық бүрку кезінде NiCr-Al(20%) жабынының фазалық құрамын жарылғыш газдар қоспасының көлемін өзгерту арқылы икемді түрде басқаруға болады. Детонациялық оқпанның көлемін арақатынасы $O_2/C_2H_2=1,856$ болатын оттегі-ацетилен жарылғыш газдар қоспасымен 25 % және 30 % толтыру кезінде құрамы CrNi₂, Al және NiAl фазаларынан тұратын жабын қалыптасады, ал жарылыс зарядтың энергиясы 40% және 50% дейін арттырған жағдайда, тек CrNi₂ фазасынан тұратын жабын түзіледі;

2. *Детонациялық бүрку арқылы градиентті жабын алу әдісі.* NiCr-Al(20%) жабынының элементтердің таралуы бойынша градиентті құрылымы біртекті жабынмен салыстырғанда микроқаттылығын және адгезиялық беріктігін шамамен 30%-ға, ал тозуға төзімділігін екі есеге арттырады. Детонациялық оқпанды оттегі-ацетилен қоспасымен ($O_2/C_2H_2=1,856$) толтыру көлемін 50 %-дан 25 %-ға біртіндеп төмендету, төсеніштен жабынның бетіне қарай Al мөлшері біртіндеп артатын, сәйкесінше Ni мен Cr мөлшері біртіндеп азаятын градиентті құрылымды NiCr-Al(20%) жабынның қалыптасуын қамтамасыз етеді;

3. *Элементтердің таралуы бойынша градиентті NiCr-Al(20%) жабынының ыстыққа төзімділігін зерттеу нәтижелері.* Градиентті құрылымды NiCr-Al(20%) жабындарының жоғары температураға төзімділігі біртекті құрылымды жабындармен салыстырғанда айтарлықтай жоғары, бұл жабын мен төсеніш арасындағы термиялық ұлғаю коэффициенттерінің үйлесімділігі мен ішкі тотығу процестерінің тежелуімен түсіндіріледі. Зертханалық және өндірістік жағдайда NiCr-Al(20%) жабынын жоғарғы температуралық тотығуға сынау нәтижелері градиентті жабындардың беткі қабаттарында Al сақталу нәтижесінде Al₂O₃ қорғаныш оксид қабаттарын түзілуін анықтап, жоғары температуралық трибологиялық сынақ нәтижелері, градиентті жабынның тозуға төзімділігі біртекті композициялық жабынымен салыстырғанда шамамен 2,5 есе жоғары екенін анықтады.

Практикалық маңыздылығы. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер энергетикалық машинажасау саласындағы жабдықтардың қызмет мерзімін ұлғайту мақсатында жоғары температуралы және агрессивті коррозиялық ортада тотығу мен қарқынды тозуға төзімді қорғаныш жабындарын әзірлеу үшін қолдануға болады.

Жұмыстың ғылыми-зерттеу жобаларымен байланысы. Диссертациялық жұмыс ғылым дамуының «Энергия, озық материалдар және көлік» басым бағытына сәйкес ҚР

ҒЖБМ Ғылым комитеті қаржыландыратын келесі гранттық жобалар мен нысаналы-қаржыландыру бағдарламасы негізінде орындалды:

– AP08957765 «Жылу энергетикалық жабдықтарының жоғары температуралы элементтерін коррозиядан қорғау үшін Ni-Cr-Al негізіндегі функционалды градиент жабындарын жасау», 2020-2021 жылдарға арналған гранттық қаржыландыру;

– AP22688426 «NiCrAl негізіндегі детонациялық жабынның қорғаныштық қасиеттерін арттыру», 2024-2026 жылдарға арналған «Жас ғалым» жобасы бойынша жас ғалымдарды гранттық қаржыландыру;

– BR24992876 «Құралдар, машина мен жабдықтар бөлшектерінің эксплуатациялық қасиеттерін арттыру үшін беттік өңдеу және композициялық қорғаныш жабындарын алу технологияларын әзірлеу және апробациялау», 2024-2026 жылдарға арналған бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру.

Автордың жеке үлесі. Автордың жеке үлесі тәжірбие-зерттеу жұмыстарын жүргізу, диссертацияда алынған нәтижелерді талдау, ғылыми мақалалар жазу. Диссертациялық жұмыстың мақсаты мен міндеттерін айқындау, негізгі қорытындыларыды тұжырымдау ғылыми кеңесшілермен бірлесіп жүргізілді.

Нәтижелердің негізділігі мен сенімділік дәрежесі. Диссертациялық жұмыста жабындардың құрылымдық-фазалық күйлері мен механика-трибологиялық және ыстыққа төзімділік қасиеттерін зерттеудің заманауи әдістері қолданды. Диссертацияда жүргізілген зерттеу нәтижелері белгілі ғылыми түсініктер мен нәтижелерге қайшы келмейді.

Ғылыми еңбектердің апробациясы. Диссертацияның негізгі нәтижелері келесі ғылыми шараларда баяндалады және талқыланады: 2020 IEEE 10th International Conference on «Nanomaterials: Applications & Properties», Sumy, Ukraine, November 9-13, 2020; Международной научно-технической молодежной конференции «Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения», г. Томск, Россия, 20-24 ноября 2023 г; Международную научно практическую конференцию: «Интеграция энергетики и машиностроения: инновационные технологии и практики», г. Алматы, Казахстан, 24 ноября 2023г; Materials of International Practical Internet Conference «Challenges of Science», г. Алматы, Казахстан, 22 ноября 2023; сондай-ақ, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің «Беттік Инженерия және трибология" ғылыми-зерттеу орталығының және ЖШС «PlasmaScience» ғылыми-өндірістік фирмасының ғылыми семинарларында талқыланды.

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша 18 жұмыс жарияланды, оның ішінде Web of Science және Scopus дерекқорларында индекстелетін рецензияланатын ғылыми басылымдарда 2 мақала, Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынылған журналдарда 7 мақала, Халықаралық конференциялар материалдарында 8 жұмыс және Қазақстан Республикасының пайдалы моделіне 1 патент.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт тараудан, қорытындыдан, 138 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және 2 қосымшадан тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі 108 бет, оның ішінде 62 сурет және 10 кесте.