

Сүлюбаева Л.Г.¹, Усембаева И.Б.³, Бердімұратов Н.², Дамұхан М.⁴

¹PhD, қауымдастырылған профессор, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,
(Қазақстан, Өскемен қ.), e-mail: lsulyubayeva@gmail.com

²PhD, қауымдастырылған профессор, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
(Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: indira.usembayeva@ayu.edu.kz

³магистр, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,
(Қазақстан, Өскемен қ.), e-mail: daryn.baizhan1@gmail.com

⁴магистрант, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,
(Қазақстан, Өскемен қ.), e-mail: mukasdamuhan@gmail.com

30 ХГСА БОЛАТТАРДЫҢ ЭЛЕКТРОЛИТ-ПЛАЗМАЛЫҚ ДИФФУЗИЯЛЫҚ АЗОТТАУ

ELECTROLYTE-PLASMA DIFFUSION NITRIDING OF 30KHGSA STEEL

ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЕ ДИФфуЗИОННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ СТАЛИ 30ХГСА

Аңдатпа. Мақалада 30хгса құрылымдық Болаттың микроқаттылығын жақсарту үшін азоттау электролитті-плазмалық өңдеу әдісінің технологиялық режимдерін әзірлеудің зерттеу нәтижелері келтірілген. Әдіс электролиттік-плазмалық диффузиялық азоттау әсердің үйлесіміне негізделген, бұл материалдың өнімділігін тиімді жақсартуға мүмкіндік береді. Электролиттік-плазмалық өңдеу-бұл электролиттік өңдеуді және плазмалық әсерді қамтитын материалдың бетіне кешенді әсер ету. Өңдеу процесінде болат бетінің құрылымы өзгереді, қаттылық пен тозуға төзімділікті едәуір арттыратын азотты қабат пайда болады. Процесс Болаттың беріктігін едәуір арттыруға ықпал ететін плазмалық өңдеу жағдайында үйкелісті азайтуды қамтиды.

Негізгі сөздер: электролит-плазма, диффузиялық азотталу, бу-газ қабығы.

Abstract: The article presents research results on the development of technological regimes of the electrolyte-plasma nitriding treatment method to improve the microhardness of 30KhGSA structural steel. The method is based on the combination of the effects of electrolyte-plasma diffusion nitriding, which makes it possible to effectively improve the performance of the material. Electrolyte-plasma treatment is a complex impact on the surface of a material that includes electrolytic treatment and plasma воздействие. During the treatment process, the structure of the steel surface changes and a nitrogen layer is formed, significantly increasing hardness and wear resistance. The process includes friction reduction under plasma treatment conditions, which contributes to a significant increase in the strength of the steel.

Keywords: electrolyte-plasma, diffusion nitriding, vapor-gas envelope.

Аннотация: В статье представлены результаты исследований по разработке технологических режимов метода электролитно-плазменной обработки азотированием для улучшения микротвёрдости конструкционной стали 30ХГСА. Метод основан на сочетании воздействий электролитно-плазменного диффузионного азотирования, что позволяет эффективно улучшить производительность материала. Электролитно-плазменная обработка — это комплексное воздействие на поверхность материала, включающее электролитическую обработку и плазменное воздействие. В процессе обработки изменяется структура поверхности стали, образуется азотный слой, значительно повышающий твёрдость и износостойкость. Процесс включает снижение трения в условиях плазменной обработки, что способствует значительному повышению прочности стали.

Ключевые слова: электролит-плазма, диффузионное азотирование, парогазовая оболочка.

Кіріспе

Қазіргі заманда бүкіл әлемде машина жасау және тау-кен жабдықтарының бөлшектерін тозуы кең таралған мәселелердің біріне айналды. Жыл сайынғы жарияланымдар санын талдау көрсеткендей, бормен көміртектену, азоттау және нитроцементация сияқты өнеркәсіптік химиялық және термиялық процестер қолданудың, болаттың төзімділігі мен қаттылығын арттыруда тиімділігі дәлелденген. Бұл мәселені шешу жолында газ толтырылған ортада (аммиак, ең көп таралған), иондық-плазмалық (вакуумда, жану разрядында), сұйық

ортада (цианидтердің балқытылған тұздарында) және каталитикалық (төмен температурада тиімділікті арттыру үшін аммиакты алдын ала өңдеумен) сынды көптеген әдістер қолданылуда. Бірақ, жоғарыда көрсетілген әдістер өзінің өңдеудегі қиындылығы мен өңдеу уақытын көп қажет ететіндігі белгілі.

Беттік қабатты беріктендіруде электролиттік - плазмалық диффузиялық азоттау (ЭПДА) плазмалық разряд жағдайында азотпен диффузиялық қанықтыру есебінен металл материалдардың беткі қабаттарын қатайтуға бағытталған химиялық-термиялық өңдеудің тиімді әдістерінің бірі болып табылады.. Бұл технология дәстүрлі химиялық-термиялық өңдеуге тән кемшіліктерді едәуір дәрежеде жоюға және жаңа қасиеттерді алып өндірілетін өнімнің өзіндік құнын төмендетуге, технологиялық циклдің ұзақтығын қысқартуға, экологиялық қауіпсіздіктің жоғары дәрежесін қамтамасыз ете отырып, энергия шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Электролиттік-плазмалық химиялық-термиялық әдіс өңдеу кезінде электролит арқылы өткен ток күші, үлгінің бетін қыздырып, диффузиялық процесс арқылы құрамындағы элементтермен үлгінің бетін қанықтырады.

Әдіс қарқынды механикалық және жанасу жүктемелері жағдайында жұмыс істейтін құрылымдық болаттарды, аспаптық материалдарды және машиналардың жауапты бөлшектерін өңдеу үшін сәтті қолданылады. Заманауи зерттеулер ЭПДА жұқа, біркелкі және берік нитридтелген қабаттарды алуға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Бұл зерттеудің мақсаты материалдың тозуға төзімділігі мен пайдалану қасиеттерін арттыруда қалыптасқан нитридтелген қабаттың тиімділігін бағалай отырып, 30ХГСА болатының құрылымдық-фазалық күйіне, микроқаттылығына және трибологиялық сипаттамаларына электролиттік-плазмалық диффузиялық азоттаудың әсерін анықтау болып табылады.

Материалдар және зерттеу әдістері

Біз тау-кен өнеркәсібінде кеңінен қолданылатын сынақ үлгілері ретінде 30КГСА орташа легирленген жоғары көміртекті құрылымдық болатты таңдадық. ГОСТ 4543-71 сәйкес 30КГСА болаттың химиялық құрамы келесідей:

Кесте 1. 30кгса Болаттың химиялық Құрамы (ГОСТ 4543-71 Бойынша)

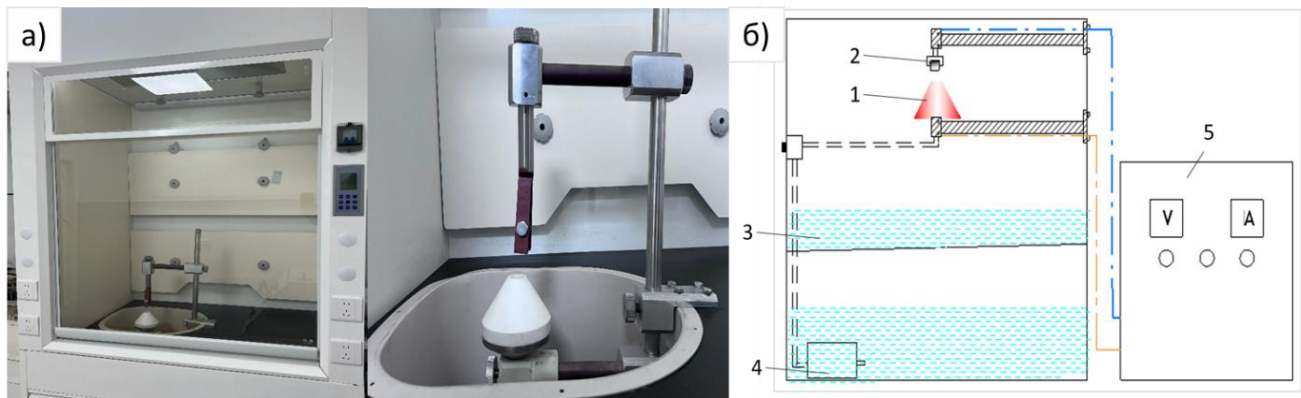
Элементтердің мазмұны, салмағы бойынша. %

C Cr Mn P Si Ni Fe

0,34 1,001 1,10 0,125 0,125 0,005 0,006.

Бұл зерттеу жұмысында диффузия-электролит-плазмалық боридтеу(ДЕРВ) үшін зерттеу объектілері ретінде өлшемі 33×30×9 мм болатын 30 КГСА легирленген болаттың үлгілері таңдалды. Тәжірибелер жүргізілмес бұрын, үлгілер бетін дайындау үшін Р2000 дәнді тегістеу қағазымен алдын ала өңделді.

Эксперименттік жұмыстар С.Аманжолов Атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің "Беттік Инженерия және Трибология" Ғылыми-зерттеу Орталығында (Өскемен қ., Қазақстан) базасында жиналған электролиттік–плазмалық диффузиялық азоттандыру (ЭПДА) қондырғысында жүргізілді.



Сурет 1. Диффузиялық-электролиттік-плазмалық борацияны жүргізуге арналған қондырғының суреті.

Құрылғы максималды қуаты 360 В және 100 А БОЛАТЫН ҚУАТТЫ ТҰРАҚТЫ ток түзеткішінен, электродтардан тұрады: катод (өңделетін үлгі) және электролиттің біркелкі таралуына арналған тесіктері бар дөңгелек пластина түрінде жасалған анод. Электролит ретінде құрамында 15% сода күлі (Na_2CO_3) және 20% карбамид ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) бар сулы ерітінді қолданылады. Өңдеу режимі

ЭПДА қондырғысы және схемалық бейнесі 1 (а,б) -суретте келтірілген, ол электродтардан (катодтан (1) және анодтан (2)), электролит ваннасынан (3), электролит ағынын реттеуге және электролит айналымына арналған сорғыдан (4), тұрақты ток көзінен (5) тұрады.

Өңдеу параметрлері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте-1. ЭПДА өңдеу режимі

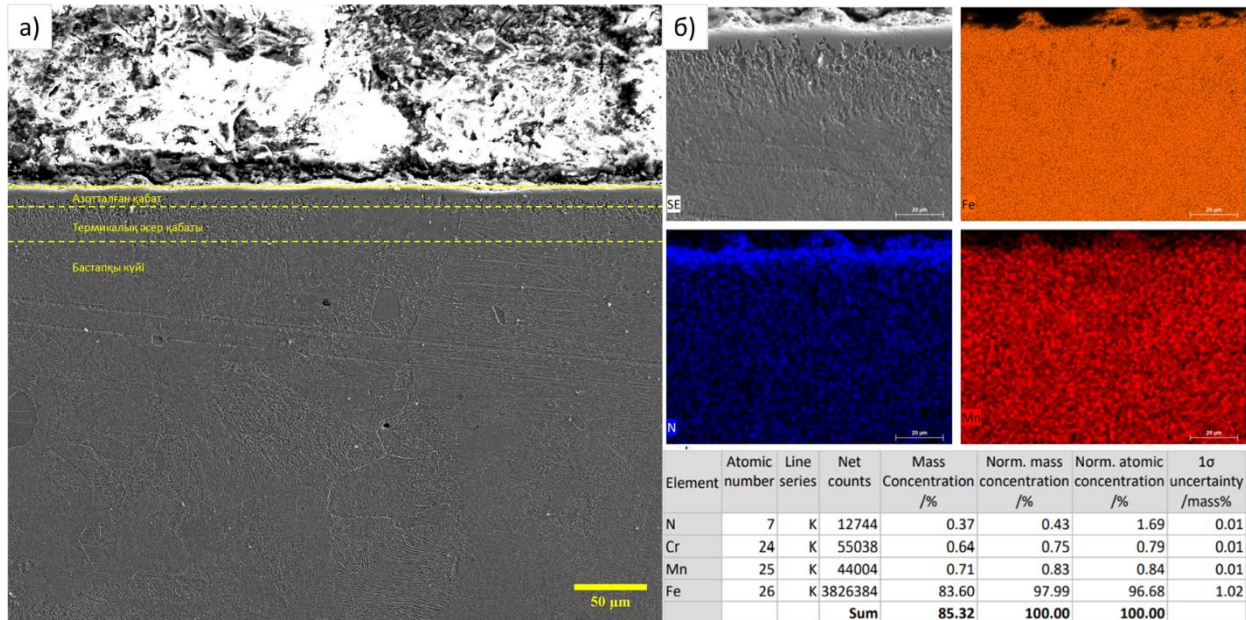
Электролит	Кернеу, В	Ток күші, А	Температура, °С	Уақыт, сек.
15% сода күлі (Na_2CO_3) және 20% карбамид ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)	180	12	650	600

Эксперименттік зерттеулер С.Аманжолов Атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің "Беттік Инженерия және Трибология" Ғылыми-зерттеу Орталығында (Өскемен қ., Қазақстан) жүргізілді. Үлгілердің фазалық құрамы X'-Pertpro Рентгендік дифрактометрінің көмегімен анықталды (Philips, Нидерланды). Деректерді өңдеу және нәтижелерді сандық талдау PowderCell 2.4 бағдарламалық жасақтамасының көмегімен жүргізілді. Үлгілердің микроқұрылымы этил спиртіндегі азот қышқылының (HNO_3) 4% ерітіндісін қолдана отырып, химиялық өңдеу арқылы анықталды. Үлгілердің қаттылық тереңдігін анықтау үшін алмаз шегінісімен және 1000 г-ға дейін күш қолдануға қабілетті жүктеме сенсорымен жабдықталған Викерс микроқаттылығын сынаушы (MetaLab 502, Ресей) пайдаланылды.

Модификацияланған қабаттың микроқұрылымы мен қалыңдығын зерттеу оптикалық микроскопта және электронды сканерлеу микроскопында жүргізілді. Микроқұрылым кескіндерін түсірмес бұрын үлгілер жылтыратылып, олардың беті құрылымды анықтау үшін азот қышқылының (HNO_3) 5% спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ерітіндісімен маринадталған. Осыдан кейін микроқұрылым мен модификацияланған қабаттың суреттері әр түрлі үлкейту кезінде түсіріліп, термиялық әсер ету аймағының қалыңдығы мен модификацияланған қабаттың қалыңдығы есептелді.

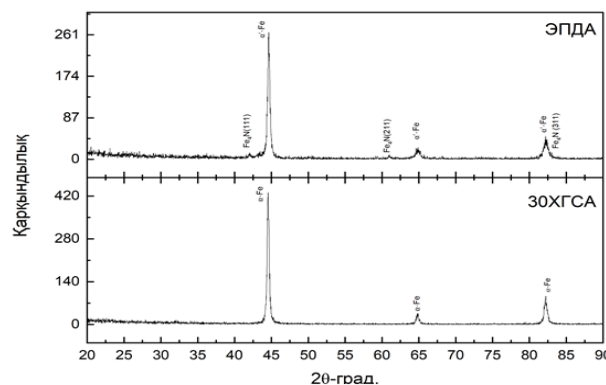
TRB3 трибометрінде үйкеліс коэффициенті бойынша зерттеулер келесі параметрлерде жүргізілді: 1) айналу жылдамдығы: секундына 2 см; 2) із радиусы: 2 мм; 3) деректерді жинау жылдамдығы: 50 Hz; 4) тік жүктеме: 6 Н; Қарсы дене ретінде 100Cr6 жасалған 6 мм шар таңдалды.

Нәтижелер



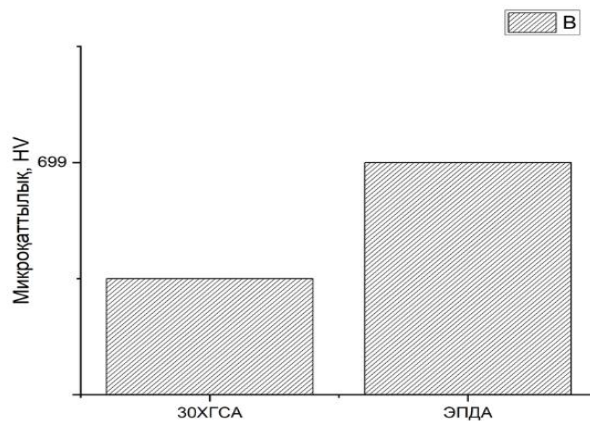
Сурет 2. 30ХГСА болаттың көлденең шлифінің СЭМ суреті (а) және (б) ЭДС анализы.

30ХГСА азотталған болаттың көлденең шлифінің СЭМ талдауы (Сурет 2) қалыңдығы шамамен 15-20 мкм болатын тығыз қатайтылған беткі қабаттың пайда болуы, қарқынды азот қабатының түзілуімен байланысты ұсақ дисперсті гетерогенді құрылым пайда болғанын көрсетеді. Бастапқы күймен салыстырғанда өңделген беткі қабатта азоттың диффузиясы нәтижесінде фазалық құрамның өзгеруін көруге болады. ЭҚК картасының нәтижелері жер бетіне жақын аймақтың азотпен байытылуын растайды: элемент карталары қабаттың үстіңгі қабатында жоғары азот (N) концентрациясын және Fe мөлшерінің сәйкесінше төмендеуін көрсетеді, ал Mn таралуы салыстырмалы түрде біркелкі болып қалады. Жергілікті спектрлік талдау шамамен 0,43 масса мөлшерінде азоттың болуын анықтайды. Бұл рентгендік фазалық талдаумен белгіленген γ' -Fe₄N түзілуіне сәйкес келеді.



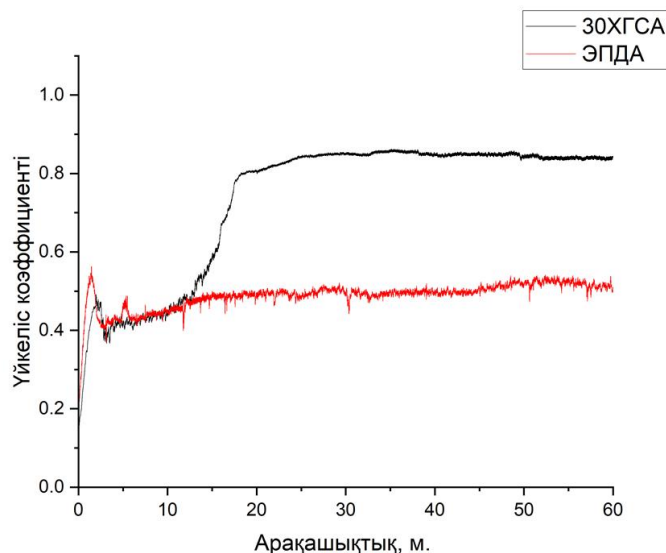
Сурет 3. 30ХГСА болатының өңдеуге дейін және ЭПДА өңдеуден кейінгі болаттың диффрактограмма нәтижесі.

Рентгендік фазалық талдау барысында (сурет 3), бастапқы 30ХГСА болатында ферриттік құрылымға тән тек α -Fe шыңдары байқауға болады. Электролиттік-плазмалық азоттаудан кейін, диффузи әсерінен дифрактограммада (111), (211) және (311) шағылысулармен бекітілген γ' -Fe₄N нитридтік фазаларына сәйкес келетін қосымша дифракциялық максимумдар пайда болғанын байқауға болады. Рентгендік фазалық талдау нәтижесі нитридтелген диффузиялық қабаттың сәтті қалыптасқанын растайды.



Сурет 4. 30ХГСА болатының өндеуге дейін және ЭПДА өндеуден кейінгі микроқаттылықты өлшеу нәтижелері.

Микроқаттылықты өлшеу нәтижелері (Сурет 4) электролиттік-плазмалық азоттаудан кейін 30ХГСА болат бетінің қаттылығының айтарлықтай жоғарылауын көрсетті. Бастапқы күйінде микроқаттылық 178 НВ болды, бұл құрылымы феррит пен перлиттен тұратын болат үшін әдеттегі мәндерге сәйкес келеді. Азотталғаннан кейін микроқаттылық 699 НВ-ге дейін өсті, яғни 3,9 еседен астам өсті. Қаттылықтың айтарлықтай өсуі бетікі қабатта қатты нитридті қабаттың пайда болып, қалдық кернеулердің қайта бөлінуіне байланысты болады.



Сурет 4. 30ХГСА болатының өндеуге дейін және ЭПДА өндеуден кейінгі трибологиялық зерттеу нәтижелері.

Трибологиялық зерттеулер көрсеткендей, бастапқы күйдегі 30ХГСА болатының орташа үйкеліс коэффициенті 0,733 болса, өндеуден кейін 0,407-дейін төмендегенін көруге болады.

Бастапқы күйдегі болаттың үйкеліс коэффициенті максималды көрметкіші $\sim 0,862$ дейін өсуі тұрақсыз адгезиялық үйкеліс режимімен сипатталады. Электролиттік-плазмалық азоттаудан кейін үйкеліс коэффициенті $0,507-0,568$ деңгейінде күрт тербеліссіз тұрақтанады, байланыстыруға болады. Қаттылық пен трибологиялық зерттеулер нәтижелері диффузиялық азоттау процесі қатты нитридті қабат пен қатайтылған беттік құрылымның пайда болуы арқылы үйкеліс коэффициенті екі есе дерлік төмендетіп және беттің тозуға төзімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік беретінін дәлелдейді.

Қорытынды

Алынған нәтижелер негізінде электролитті-плазмалық диэлектрлік азоттау кезінде 30ХГСА құрылымдық Болаттың микроқұрылымы мен микроқаттылығы анықталды. Нәтижелерге сәйкес, құрамында 10 және 15% Na_2CO_3 + 90 және 85% дистилденген суы бар электролиттердегі 40хн құрылымдық болат ТЭПО кезінде қалыңдығы 600 мкм-ден асатын модификацияланған шыңдалған қабат түзілетіні анықталды, оның қалыптасуы микроқаттылықтың $\sim 4,5$ есе жоғарылауымен расталатын мартенсит пен цементиттің негізгі фазаларынан тұрады. Алынған нәтижелер негізінде термоциклді электролитті-плазмалық өңдеу әдісімен 40ХН құрылымдық болатты беттік термиялық өңдеу әдісінің оңтайлы технологиялық режимі жасалды.

Әдебиеттер тізімі

1. Рахадиллов, Б. К., Кожанова, Р. С., Ковалевский, П., Байжан, Д., Сағдолдина, Ж. Б., Журерова, Л. Г., & Ерболатова, Г. У. (2021). Көлемді Және Беттік Термиялық Өңдеудің Болаттың Құрылымы мен Қасиеттеріне Әсері 30hgsa. *Қарағанды Университетінің Хабаршысы*, 4(104), 16–24. <https://doi.org/10.31489/2021PH4/16-24>
2. Рахадиллов, Б. К., Бердімұратов, Н. Е., Журерова, Л. Г., Баятанова, Л. Б., Құрбанбеков, Ш. Б.Р., & Сәтбаева, З. А. (2023). Электродтардың әртүрлі параметрлерімен ЭПКТТ процесінің ВАК-Ын Зерттеу. *Қарағанды Университетінің Хабаршысы*, 3(111), 136–142. <https://doi.org/10.31489/2023PH3/136-142>
3. Баятанова, Л. Б., Жасуланқызы, А. Ж., Магазов, Н. М., Рахадиллов, Б. К., Муктанова, Н., & Уазырханова, Г. к. (2023). Плазмалық-электролиттік тотығудың титан жабындарының механикалық қасиеттеріне Әсері. *Қарағанды Университетінің Хабаршысы*, 111(3), 40–49. <https://doi.org/10.31489/2023ph3/65-74>
4. Рахадиллов, Б. К., Журерова, Л. Г., & Павлов, А. (2016). Рахадиллов, 65 Г Және 20 Г Төмен Легирленген Болаттардың Электролит-Плазмалық Бетін Қатайту Әдісі. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 142, 012028. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/142/1/012028>
5. Табиева, Ю. Ю., Рахадиллов, Б. К., Уазырханова, Г. К., Журерова, Л. Г., Маулит, А., & Байжан, Д. (2019). Болат маркасының Беттік модификациясы 2 электролиттік-плазмалық экспозиция. *Еуразиялық Физика Және Функционалдық Материалдар Журналы*, 3(4), 355–362. <https://doi.org/10.29317/ejpfm.2019030408>
6. Рахадиллов, Б. К., Журерова, Л. Г., Сағдолдина, Ж. К.Б., Кенесбеков, А. Б., & Баятанова, Л. Б. (2021). Беттің Электролиттік-Плазмалық Қатаюынан кейінгі 20гЛ Құрылымдық Болаттың Дислокациялық Құрылымындағы Морфологиялық Өзгерістер. *Беттік зерттеу Журналы: Рентген, Синхротрон және Нейтрон Техникасы*, 15, 408–413. <https://doi.org/10.1134/S1027451021020300>
7. Vitthal, R., A. Ch., Джумбад, В. Упдеш, & К. Гитанжали. (2020). Металдардың Бетін Жақсартуда Электролиттік Плазма Процесін Қолдану: Шолу. *Қолданбалы Нанобиологиядағы Хаттар*, 9(3), 1249–1262. <https://doi.org/10.33263/LIANBS93.12491262>
8. Ву, Джей, Дэн, Джей, Донг, Л., & және басқалар. (2023). Катодты плазмалық электролиз арқылы көміртекті болаттағы оксид қабатының Тікелей өсуі. *Surf Coat Technol*, 338, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.01.080>
9. Рахадиллов, Б. К., Құрбанбеков, С. р., Қилышханов, М. к., & және басқалар. (2018). Электролиттік-плазмалық азоттаудан кейін 6m5 болат бетінің қабатының құрылымы мен фазалық күйлерінің Және микроқаттылығының Өзгеруі. *Еуразиялық J Phys Функционалдық Материалы*, 2, 259–266. <https://doi.org/10.29317/ejpfm.2018020307>

References

1. Rakhadilov, B. K., Kozhanova, R. S., Kovalevskii, P., Baizhan, D., Sagdoldina, Zh. B., Zhurerova, L. G., & Yerbolatova, G. U. (2021). Kolem'di Zhane Bettik Termiyalyk Ondeudin Bolattyn Kurylymy men Kassetterine Aseri 30hgsa. *Karagandy Universitetinin Khabarshysy*, 4(104), 16–24. <https://doi.org/10.31489/2021PH4/16-24>
2. Rakhadilov, B. K., Berdimuratov, N. E., Zhurerova, L. G., Baiatanova, L. B., Kurbanbekov, Sh. b.R., & Satbaeva, Z. A. (2023). Elektrodardyn arturli parametrlermen EPKTT protsesinin VAK-yn Zertteu. *Karagandy Universitetinin Khabarshysy*, 3(111), 136–142. <https://doi.org/10.31489/2023PH3/136-142>
3. Baiatanova, L. B., Zhasulankyzy, A. Zh., Magazov, N. M., Rakhadilov, B. K., Muktanova, N., & Uazyrkhanova, G. k. (2023). Plazmalyk-elektrolittik totigudyn titan zhabyndarynyn mekhanikalyk kassetterine Aseri. *Karagandy Universitetinin Khabarshysy*, 111(3), 40–49. <https://doi.org/10.31489/2023ph3/65-74>
4. Rakhadilov, B. K., Zhurerova, L. G., & Pavlov, A. (2016). Rakhadilov, 65 G Zhane 20 G Tomen Legirlengen Bolattardyn Elektrolit-Plazmalyk Betin Kataytu Adisi. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 142, 012028. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/142/1/012028>
5. Tabiyeva, Yu. Yu., Rakhadilov, B. K., Uazyrkhanova, G. K., Zhurerova, L. G., Maulit, A., & Baizhan, D. (2019). Bolat markasynyn Bettik modifikatsiyasy 2 elektrolittik-plazmalyk ekspozitsiya. *Euraziyalyk Fizika Zhane Funktsionaldyk Materialdar Zhurnaly*, 3(4), 355–362. <https://doi.org/10.29317/ejpfm.2019030408>
6. Rakhadilov, B. K., Zhurerova, L. G., Sagdoldina, Zh. K.B., Kenesbekov, A. B., & Baiatanova, L. B. (2021). Bettin Elektrolittik-Plazmalyk Katayunan keiingi 20gl Kurylymdyk Bolattyn Dislokatsiyalyk Kurylymyndagy Morfologiyalyk Ozgerister. *Bettik zertteu Zhurnaly: Rentgen, Sinkhrotron zhane Neitron Tekhnikasy*, 15, 408–413. <https://doi.org/10.1134/S1027451021020300>
7. Vitthal, R., A. Ch., Jumbad, V. Updesh, & Gitanjali, K. (2020). Metaldardyn Betin Zhaksartuda Elektrolittik Plazma Protsezin Koldanu: Sholu. *Koldanbaly Nanobiologiyadagy Khatlar*, 9(3), 1249–1262. <https://doi.org/10.33263/LIANBS93.12491262>
8. Vu, J., Den, J., Dong, L., & zhana baskalar. (2023). Katodty plazmalyk elektroliz arkyly komirtekti bolattagy oksid kabatynyn Tikelei osu'i. *Surf Coat Technol*, 338, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.01.080>
9. Rakhadilov, B. K., Kurbanbekov, S. r., Kilyshkhanov, M. k., & zhana baskalar. (2018). Elektrolittik-plazmalyk azottaudan kei'in r6m5 bolat betinin kabatynyn kurylymy men fazalyk kuilerinin Zhane mikrokattylygynyn Ozgerui. *Euraziyalyk J Phys Funktsionaldyk Materialy*, 2, 259–266. <https://doi.org/10.29317/ejpfm.2018020307>

Авторлар туралы мәлімет

№	Аты-жөні, ғылыми дәрежесі, жұмыс немесе оқу орны, қала, ел, автордың e-mail мекенжайы, ұялы телефон нөмірі
1	Сүлюбаева Л.Г. - PhD, қауымдастырылған профессор, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: lsulyubayeva@gmail.com
	Sulyubayeva L. G. - PhD, Associate Professor, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan Technical University, Oskemen, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan. e-mail: lsulyubayeva@gmail.com
	Сүлюбаева Л.Г. - PhD, ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет имени Сарсена Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: lsulyubayeva@gmail.com
2	Үсембаева И.Б. - PhD, қауымдастырылған профессор, Қожа Ахмет Ясауи атындағы халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан, e-mail: indira.usembayeva@ayu.edu.kz
	Usembayeva I. B. - PhD, Associate Professor, International Kazakh-Turkish University named after Khoja Akhmet Yasawi, Turkistan, Kazakhstan, e-mail: indira.usembayeva@ayu.edu.kz
	Үсембаева И.Б. - PhD, ассоциированный профессор, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмета Ясави, г. Туркестан, Казахстан, e-mail: indira.usembayeva@ayu.edu.kz
3	Бердімұратов Н. - магистр, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: daryn.baizhan1@gmail.com
	Berdimuratov N. - master, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan Technical University, Oskemen, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan. e-mail: daryn.baizhan1@gmail.com
	Бердимуратов Н. - магистр, Восточно-Казахстанский технический университет имени Сарсена Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан. e-mail: daryn.baizhan1@gmail.com
4	Дамұхан М. – магистрант, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: mukasdamuhan@gmail.com
	Damukhan M. - master's student, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan Technical University, Oskemen, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan. e-mail: mukasdamuhan@gmail.com

Дамухан М. - магистрант, Восточно-Казахстанский технический университет имени Сарсена Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан. e-mail: mukasdamuhan@gmail.com
