

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2025)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/HPYP5442>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,216

Импакт-фактор КазБЦ – 0,406

Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Сулейменов Ансаган Дюсембаевич – PhD (ответственный секретарь);
Омарова Айгерим Рымболатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Кажиева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Жунусов Аблай Каиртасович – к.т.н., асс. профессор (доцент) (Павлодар, Казахстан);
Зарубежные члены редакционной коллегии:
Baigang Sun – PhD, профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magain Lapuerta – д.т.н., профессор (Сьюдад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).
Чайкин Владимир Андреевич – д.т.н., доцент (Сафонов, Россия);

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

**В. В. Поветкин¹, М. К. Татыбаев², *Ж. Н. Абілқайыр³,
О. О. Дуйсенбекова⁴, О. Т. Манкешева⁵**

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

^{2,3,4,5}Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3872-3488>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9980-1040>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7568-1061>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6039-5173>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3506-6264>

*e-mail: jastalap81@mail.ru

МАШИНАЛАР МЕН МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚЫЗМЕТ ЕТУ МЕРЗІМІН ЖӘНЕ ТОЗУҒА ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУДЫҢ НЕГІЗГІ БАҒЫТТАРЫ

Мақала Қазақстанның тау-кен және қайта өңдеу өнеркәсібінде қолданылатын машиналар мен материалдардың қызмет ету мерзімін және тозуға төзімділігін арттырудың негізгі бағыттарына арналған. Мақалада металл ұнтақтарын газбен жалынмен балқыту процестері мен технологиясы қарастырылған, машина бөлшектерінің қатайтылған беткі қабатын жасау үшін перспективалы заманауи газотермиялық әдістер орнатылған. Тозуға төзімді жабындарды қолданудың газотермиялық әдісін зерттеу негізінде центрифугалық топырақ сорғысының жұмыс дөңгелегінің жаңа дизайны жасалды. Газотермиялық балқытуды қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесінің нәтижесінде қуаты 10-нан 60 кВт-қа дейінгі электр догалы плазматрондардың плазмалық ағындарын пайдаланудың тиімділігі анықталды, олар 500 МПа-ға дейін адгезия беріктігін және 0,56 экономикалық тиімділік коэффициентін қамтамасыз етеді. Брахистохрон мен логарифмдік спираль бойынша профильденген иық пышақтарының кіру және шығу бұрыштары оңтайландырылған, бұл бөлшектердің әсер ету әсерін азайтады. CrB₂ хром боридімен өздігінен ағатын ПГ-Ж40 қорытпасын қолдану сорғылардың жұмыс ресурсын едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Сорғы бөлшектерінің әр түрлі жұмыс жағдайында қызмет ету мерзімі туралы мәліметтер, сондай-ақ ұсынылған әдістің тиімділігін растайтын зерттеу нәтижелері келтірілген. Алынған әзірлемелер тек тау-кен өнеркәсібінде ғана емес, сонымен қатар жабдықтар қарқынды тозуға ұшырайтын мұнай-газ, құрылыс және металлургия салаларында да қолданыла алады.

Кілтті сөздер: газотермиялық бұрку, центрифугалық жер сорғысы, балқыту, металл ұнтақтары, тозу.

Кіріспе

Қазақстанда пайдалы қазбалардың орасан зор кен орындары бар, оларды игеру үшін әртүрлі минералдық шикізатты өндіру және қайта өңдеу бойынша тұтас салалар қалыптастырылған және, әдетте, өндіру және қайта өңдеу жөніндегі машиналардың үлкен паркі бар, ал бұл көмір, түрлі кендер, мұнай және басқа да өндіру жөніндегі машиналар. Бұл машиналар ауыр жағдайларда, ауыр соққы жүктемелерінде және коррозиялық әсерде, агрессивті ортада жұмыс істегенде жұмыс істейді [1; 2].

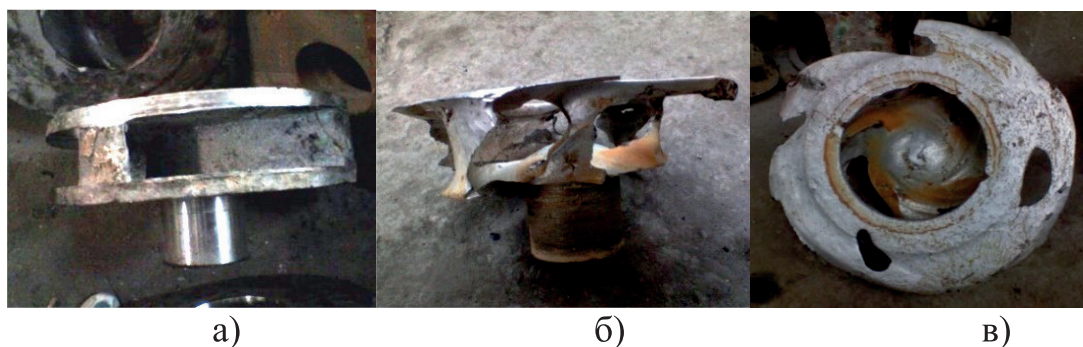
Мұндай жағдайларда машиналардың бөлшектері қарқынды тозады және тез істен шығады, бұл кәсіпорындардың технологиялық процесін бұзады. Бұл кәсіпорындардың инженерлерінің алдында машиналар мен жабдықтардың (комбайндар, Бұрғылау құралдары, көлік жабдықтары және қайта өңдеу (өндірілген пайдалы Шикізатты ұсақтау) жабдықтары) жұмыс ресурсын арттыру міндеті тұр.

Сондықтан Қазақстанда ауыр жүктелген машиналар мен агрегаттардың бөлшектерін жөндеу бойынша тұтас сала қалыптасты. Минералды шикізатты өндіру және өңдеу кәсіпорындарында қарқынды тозуға ұшырайтын Жабдықтар, машиналар мен механизмдердің үлкен паркі бар. Сонымен, тау-кен өнеркәсібінде тау жыныстарын өндіру және өңдеу кезінде минералды шикізатты тау жыныстарын ұнтақтау және олардан пайдалы қазбаларды (мыс, қорғасын, темір, алюминий және т.б.) өндірудің технологиялық циклі бойынша тасымалдау үшін топырақ сорғылары қолданылады [3; 4].

Материалдар мен әдістері

Технологиялық циклде қолданылатын жер сорғысының бөлшектері қатты тозуға ұшырайды, өйткені тасымалданатын су ортасының құрамында 45 пайызға дейін концентрациясы бар қазба бөлшектері бар [5, 54-б.].

1, 2, 3-суретте толық жұмыс циклінен кейін жер сорғысы бөлшектерінің фрагменттері көрсетілген.



Сурет 1-Топырақ сорғысының жұмыс дөңгелегі 8Гр-8
а – жаңа жұмыс дөңгелегі; б, в-тозған жұмыс дөңгелегі



а)



б)

Сурет 2- 8Гр-8Гр Сорғының Бронедискі: а-пайдаланудан кейін, б-жаңа



Сурет 3 – 8ГР-8 топырақ сорғысының корпусының тозуы

1-кестеде жер сорғысының қызмет ету мерзімі туралы мәліметтер келтірілген.

Кесте 1 – ИЧХ28Н2 қорытпасынан жасалған топырақ сорғылары бөлшектерінің қызмет ету мерзімі, тәулік

Зауыттар	Ұнтақтау кезеңі, өнім және оның тығыздығы	Сорғы түрі	Толығырақ			
			жұмыс дөңгелегі	ұлу немесе оның төсемі	қорғаныс дискісі	домалау мойынтіректері
Ауыр жұмыс жағдайлары						
Жезқазған	I, до 50% твердого	8Гр-8Т	15	45	30	65-70
Жезқазған	II, до 65% твер- дого	8Гр-8Т	25	75	50	80-90
Жезқазған	Концентрат, 65% дейін қатты	5Гр-8СС	90	90	90	120-130

Жезқазған	Құйрықтар, 28% дейін қатты	28Гр-8Т	150	80	30-40	110-120
Лениногорская	Құйрықтар, 25% дейін қатты	20Гр-8	80-85	55-60	55-60	220
Орташа жұмыс шарттары						
Текелі	I, өнеркәсіптік өнім, 28-40% қатты	8Гр-8Т	18-20	18-20	16-18	80-100
Текелі	II, өнеркәсіптік өнім, 20-40% қатты	8Гр-8Т	80-100	80-100	65-80	80-100
Текелі	Құйрықтар, 10-12% қатты	12Гр-8Т	50-65	55-65	25-30	165-180
Жеңіл жұмыс жағдайлары						
Кентау	I, 36-38% қатты	8Гр-8Т	45-50	45-50	45-50	65
Кентау	II, 30 -32%»қатты	8Гр-8Т	100-120	100-120	100-120	95
Кентау	III, 25-27% қатты	8Гр-8Т	170-190	170-190	170-190	125
Кентау	Құйрықтары үйінді	12Гр-8Т	190-210	190-210	190-210	125

1-кестеден көріп отырғанымыздай, агрессивті тозу жағдайында топырақ сорғысының қызмет ету мерзімі өте аз және оның жұмысы тозған беттерге қолданылатын тозуға төзімді металдарды жасаудың жаңа технологияларын енгізуді талап етеді [6; 7]. Демек, минералды шикізатты өңдейтін бір ғана салада топырақ сорғыларының үлкен паркі бар, біздің зерттеу нысаны болып табылады. Сондықтан, беріктігі, коррозияға төзімділігі және коррозиялық қышқылдарға төзімді қасиеттері бар тозатын беті бар бөлшектерді жасау.

Сондай - ақ, кез-келген басқа салада-мұнай, құрылыс, металлургия, онда үлкен жүктемелер мен қарқынды тозуға ұшырайтын механизмдердің үлкен көлемі бар деп айтуға болады.

Тозуға төзімді жабындарды қолданудың газотермиялық әдісі бойынша жүргізілген зерттеулер негізінде бізге жаңа конструкциядағы орталықтан тепкіш топырақ сорғысының жұмыс дөңгелегінің конструкциясын және оны патенттеу мүмкіндігін әзірлеу мүмкіндігі ұсынылады [8, 49-б.]. Өнертабыс сорғы құрылысына, атап айтқанда центрифугалық жер сорғыларының жұмыс дөңгелектерінің конструкцияларына қатысты. Орталықтан тепкіш сорғының жұмыс дөңгелегі белгілі (а. с. 905515, МКИ F 04 D 29/24, Бюль. 6, 1982), резеңке матадан жасалған гуммиленген жақтау түрінде жасалған диск пен қалақтарды қамтиды [9, 2-б.].

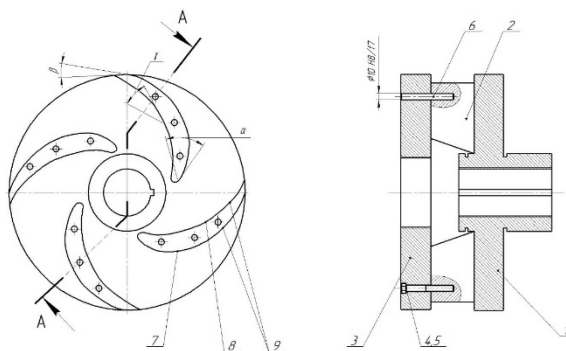
Кемшілігі-қатты бөлшектердің әсер ету әсерінен пайда болған пышақтың бүкіл жұмыс бетінде кернеулі аймақтардың болуына байланысты төмен тозуға төзімділік, бұл қатты бөлшектермен кездейсоқ ықтимал жанасу орындарында резеңке матадан жасалған қаңқаның бұзылуына ықпал етеді. Біз прототип ретінде қабылдаған жұмыс дөңгелегі де белгілі, центрифугалық топырақ сорғысы (А.С. 1435847, МКИ F 04 D 29/24, Бюль. 41, 1988), құрамында дискілер және олардың арасында орналасқан пышақтар бар, эпициклоид арқылы кіруден шығуға дейін

профильденген және артқы жағы логарифмдік спираль бойынша профильденген [10, 41-б.].

Техникалық шешімнің кемшілігі сорғының тозуға төзімділігінің жеткіліксіздігі болып табылады, өйткені кіру және шығу бұрышының өзгеруімен пышақтың жұмыс және артқы жағын тиісті профильдеудің болуы қатты бөлшектердің пышақпен қайта соғуын жоймайды. Әсіресе шығу аймағында, бұл белгілі бір байланыс аймағында пышақтың бұзылуын күшейтеді. Ұсынылған шешімнің техникалық міндеті-пышақтың жұмыс жағындағы қатты бөлшектердің қарқынды әсер ету әсерін азайту арқылы топырақ сорғысының жұмыс дөңгелегінің тозуға төзімділігін арттыру, қатты бөлшектердің оның бетіне әсер ету әсерін басым түрлендіру арқылы, сондай-ақ жұмыс дөңгелегінің дизайны орындалды. Газотермиялық әдіспен тозуға төзімді қабаттың қалақтарының жұмыс беттеріне одан әрі балқыту мақсатында жиналмалы.

Техникалық нәтижеге орталықтан тепкіш топырақ сорғысының жұмыс дөңгелегі жиналмалы түрде жасалып, жетек және жетек дискілері және олардың арасында орналасқан, кіреберістен брахистохрон арқылы шығуға дейін профильденген жұмыс пышақтары және артқы жағы логарифмдік спираль бойынша профильденген, бұл ретте қалақтар жетекші дискімен, жұмыс дискісінде бір орындалады газотермиялық (плазмалық) тәсілмен орындалған тозуға төзімді жабындар қолданылатын беттер.

4-суретте жұмыс дөңгелегі - бойлық кесу және оның жоғарыдан көрінісі көрсетілген. Орталықтан тепкіш сорғының жұмыс дөңгелегінде 1 жетек дискісі, онда орындалған қалақтары бар (арыстан балығы) 2, 6 түйреуіштердің көмегімен Арыстан балтасына қосылған 3 жетек дискісі және құл дискісін бекіту үшін онда 4 бұрандалар, серіппелі шайбалар 5 орындалған.



Сурет 4 – Центрифугалық жер сорғысының жұмыс дөңгелегі: 1-жетекші диск, 2-қалақша (Арыстан), 3-құл диск, 4-бұрандалы бұранда, 5-серіппелі шайба, 6-түйреуіштер, 7-иық пышағының жұмыс жағы, 8-иық пышағының артқы жағы, 9-балқытылған қабат

Жұмыс дөңгелегі мен топырақ сорғысының тозуға төзімділігін арттыру үшін, тұтастай алғанда, қалақтардың жұмыс және артқы беттерінде, балқытылған тозуға төзімді жабындар, құлдық диск алынып тасталған (бөлшектелген) 3.

Газотермиялық өңдеуден кейін жұмыс дөңгелегі 3 жетекті дискімен, 6 түйреуіштер мен серіппелі шайбасы бар 4 бұрандалы бұрандалар арқылы 5, алдын ала бұрғыланған тесіктерде және шпательдерде жиналады.

Газотермиялық тәсілмен алынған иық пышақтарының жұмыс және артқы жағындағы 8 тозуға төзімді жабындар балқытылған қабаттың беріктігін арттыру үшін, CrB2 хром бориді лигатурасының шихтасына қосылған стандартты ПГ-Ж40 қорытпасы негізінде темірмен болаттардың легирлеуші элементтерінің қорытпасын білдіреді. ПГ-Ж40 жаңа балқыту қорытпасының құрамына енгізілетін CrB2 хром бориді лигатурасының оңтайлы құрамы 450-600 HB шегінде балқытылған металдың қаттылығын алу үшін оны жалпы массаның 10%, %шегінде жабын құрамына енгізу қажет екендігі анықталды. Центрифугалық жер сорғысының жұмыс дөңгелегі келесідей жұмыс істейді. 7 жұмыс жағынан пышақтардың α кіру бұрышы 35-450, осы жағынан β шығу бұрышы 12-170, ал артқы жағынан пышақтарды орнатудың γ бұрышы 8 пышақтың ұзындығы бойынша тұрақты және 20-250-ге тең, ал жұмыс жағынан пышақтардың профилі 7 брахистохрон бойынша, ал артқы жағынан логарифмдік спираль бойынша жасалады. А, β және γ бұрыштары көрсетілген бұрыштарда абразивті ортаны айдау кезінде ең аз тозу бар екенін көрсеткен сынақтар арқылы анықталады.

Гидравликалық қоспаның құрамындағы қатты бөлшектер жұмыс дөңгелегіне түскен кезде олар қалақтардың пішініне байланысты траекториялар бойынша қозғалады. Көрсетілген профильдегі пышақтар үшін қатты зат бастапқы учаскедегі жұмыс жағымен соқтығысады және бетінен секіргеннен кейін, қалақаралық каналда шығысқа қарай жылжиды, жылдамдықты біртіндеп төмендетеді.

Соқтығысу нүктесі дөңгелектің төмен радиусында орналасқандықтан, айналмалы жылдамдықтар аз, соққы күші және пышақтың жойқын әсері шамалы. Әрі қарай, Гидравликалық қоспаның бөлшегі дөңгелекті пышақпен қайталанбай өтеді. Көрсетілген бұрыштарға сәйкес жасалған пышақ кірістегі ағын аралық каналдардың радиалды бағытының жоғарылауымен және шығуда төмендеуімен сипатталады. А бұрышы 350-ден жоғары ұлғайған кезде кіріс бөлігі бөлшектер ағынының жолында болады, бұл бөлшектердің төмен жылдамдық аймағында қалақшамен сөзсіз соқтығысуын тудырады. В бұрышының 170-тен аз төмендеуі қалақшамен қайталанбай, бөлшектердің кіреберістегі қалақшадан секіргеннен кейін қалақаралық канал арқылы еркін өтуіне ықпал етеді. Пышақтың 7 жұмыс жағының брахистохронды пішіні пышақтың кіріс және шығыс бөліктерінің белгіленген кіру және шығу бұрыштарымен бірқалыпты жұптасуын қамтамасыз етеді. Брахистохрон түрінде жасалған 7 жұмыс бетінің пышағы, әйтпесе бұл «жылдам түсу» қисығы деп айтуға болады [11, 17-б.].

Логарифмдік спираль мен брахистохронның тіркесімі нәтижесінде пайда болған пышақ қанат тәрізді, бұл гидродинамикалық көтеру күшінің арқасында тиімділікті арттырады. Жұмыс жағында брахистохрон бойынша және артқы жағында логарифмдік спираль бойынша орындалған күректердің жұмыс бетіне газотермиялық тәсілмен ПГ-Ж40 өздігінен ағатын қорытпасынан жасалған тозуға төзімді жабындар жағылады, құрамына CrB2 хром бориді қатайтатын қоспалар

енгізіледі, бұл топырақтан орталықтан тепкіш сорғылардың жұмыс ресурсын едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Техникалық шешімнің түпнұсқалығы мынада: пышақтың брахистохрон бойынша профильденген жұмыс жағында сорғының тозуға төзімділігін арттыру қамтамасыз етіледі, бұл ағындардың жұмыс және артқы жағымен бірқалыпты бірігуінің арқасында, бұл доңғалақ қалақтарының артындағы бұзылатын жиек құбылыстарын жояды немесе айтарлықтай азайтады, сорғыдағы шығындарды азайтып қана қоймай, сонымен қатар соқтығысу кезінде жұмыс жағының контактілі бұзылуын іс жүзінде жояды бөлшектермен, олар кіреберістегі пышақтан секіргеннен кейін және олар шығуға қарай жылжыған кезде. Сонымен қатар, діріл құбылыстарының қарқындылығын төмендету арқылы сорғы жұмысының сенімділігі артады, өйткені статикалық қысымның пульсациясы төмендейді.

Сонымен қатар, сорғының жұмыс дөңгелегі жиналмалы түрде орындалады, жұмыс дөңгелегі бар жетекті дискіні алып тастағаннан кейін, газотермиялық әдістермен тозуға төзімді жабын қолданылады, күрделі пішінді қалақтардың ашықтығына байланысты газотермиялық жабынды қолдану оңай қол жетімді болады. Құрамында СгВ2 хром боридінің қатайтатын қоспаларын жүргізе отырып, өздігінен ағатын ПГ-Ж40 қорытпасын қолдану жоғары қаттылық пен коррозияға төзімділіктің балқытылған қабатын жасауға мүмкіндік береді. Бүрку кезінде плазмалық ағын жабын бөлшектерін қыздыру, балқыту және жеделдету көзі ретінде қызмет етеді. Доғаның жылу энергиясына айналуы арқылы тұтынылатын электр энергиясы плазма түзетін газды жылытуға, бүріккіш материалдың балқуына және ішінара булануына, плазмотронды жылытуға және қоршаған кеңістіктегі шығындарға жұмсалады. Плазма мен бөлшектерден алынған жылудың бір бөлігі оны қыздыру арқылы өнімге түседі. Ұнтақпен қаптау кезінде плазма энергиясын пайдалану тиімділігі көбінесе плазмотронның дизайнымен анықталады. Ұнтақпен тозаңданған жағдайда плазма энергиясын пайдалану әлдеқайда қиын. Жабу үшін плазматрондардағы ұнтақтарды қыздыру тиімділігін арттыру жолдарын іздеу жылдар бойы жүргізіліп келеді. Қазіргі уақытта сыммен бүрку процесінің тиімділігімен салыстырғанда жылу тиімділігі жақын немесе тіпті біршама жоғары Плазматрон конструкциялары әзірленді.

Ең үлкен тиімділікке ұнтақ бөлшектерін доғалық разряд бағанына енгізу арқылы қол жеткізуге болады. Алайда, мұндай енгізу анодты разряд аймағында үлкен қозғалғыштыққа байланысты қиын. Қатты бөлшектің доғалық разряд бағанымен өзара әрекеттесуінің физикалық көрінісі қазіргі уақытта жеткілікті айқын емес. Алайда, бақылаулар көрсеткендей, ұнтақты катодтың жанына енгізген жағдайда, бөлшектер саптама осі мен плазмалық ағын бойымен қозғалмайды, бірақ ағынның орталық бөлігі мен саптама каналының қабырғалары арасында орналасады.

Аргон плазмасында газдың массалық шығыны және оның жылу мөлшері ағынның көлденең қимасы бойынша біркелкі бөлінбейді, ал энергияның негізгі тасымалдануы саптама осі бойынша жүрмейді. Осылайша, ұнтақты катодқа жақын беру кезінде оның қозғалысы плазманың ең жоғары энтальпиялық аймағында

жүреді, бұл оның қызуын жақсартады деп болжауға болады. Соңғысы әсіресе төмен қуатты плазмалық ағындар үшін өте маңызды. Ұнтақты бір тесік арқылы бергенде, ол плазмалық ағынның жоғары энтальпиялық аймағының бір бөлігін ғана алады.

Бұрку процесінің тиімділігін одан әрі арттыруға плазмалық ағынның көлденең қимасын ұнтақпен біркелкі толтыру арқылы қол жеткізуге болады. Бірқатар плазмалық процестер үшін тиімді тиімділіктің қалай өзгеретінін көрсететін деректерді салыстырайық (электродтардағы шығынды шегермей доғаның толық қуатына жатқызылған) (2-кесте).

Кесте 2 – Газ жалын процестері үшін тиімді тиімділік

Жылыту түрі	Тиімді тиімділік, %
Плазматрондағы газды жылыту аргона..... суте гі.....	10-70 30-80
Жаппай денені жылыту плазмалық ағынмен..... плазмалық доға.....	10-50 30-75
Бұрку кезінде сымды жылыту: плазмалық ағынм ен..... плазмалық доға.....	2-5 10
Ұнтақты қыздыру саптаманы кесу кезінде..... доға бағанасында, содан кейін реактивті.....	2-4 20

Ұнтақты доғаға берген кезде қыздыру тиімділігі 4-тен 20% - ға дейін артады.

Қарастырылып отырған балқыту әдістерінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері 3-кестеде келтірілген, онда қалыңдығы 1-2 мм жабындар үшін көрсеткіштер берілген [12, 34-б.].

Кесте 3 – Балқыту әдістерінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Балқыту әдісі	Әдістің өнімділігі		Жабынның қалыңдығы	Өңдеуге арналған жерлемақы	Балқытылған металлдағы қалыңдығы	Ілгісі күші	Балқытудан кейінгі бөліктің деформациясы	Шаршауға төзімділіктің төмендеуі	Өнімділік коэффициенті, Кп	Техникалық-экономикалық тиімділік коэффициенті, Кэ
	кг/сағ	см ² /мин								
Газ жалыны	0,15-2,0	1-3	0,5-3,5	0,4-0,8	5-30	480	Маңызды	25	0,7-0,6	0,14
СО ² ортасында	1,5-4,5	18-36	0,5-3,5	0,7-1,3	12-45	550	Маңызды	15	1,8-1,7	0,40
Аг ортасында	0,3-3,6	12-26	0,5-2,5	0,4-0,9	6-25	450	Маңызды	25	2,1-1,7	0,17
Плазмалық	1-12	45-72	0,5-5,0	0,4-0,9	0,30	490	Маңызды	12	2,2-1,9	0,56

Қарастырылған әдістердің нақты біреуін қолдану өндірістік жағдайларға, наплавка жасалатын бөлшектердің санына, пішіні мен өлшемдеріне, наплавканың негізгі металлмен араласу мөлшеріне, техникалық-экономикалық көрсеткіштерге, ал қалпына келтіру наплавкасы үшін - тозу дәрежесіне байланысты болады.

Наплавка жасалатын металдың түрін және, сәйкесінше, қосымша материалдың маркасын таңдау наплавкаланатын бөлшектің жұмыс жүктемесінің түріне байланысты. Сондықтан наплавкаланатын металдың түрін таңдау кезінде тозудың басым түріне бағытталады.

Қарастырылған әдістердің салыстырмалы талдауынан плазмалық наплавка процесінің жоғары өнімділігі, механикалық өңдеуге арналған аз мөлшерде припуск, наплавкадағы негізгі металл мөлшерінің минималдығы, шаршауға төзімділіктің төмендеуі сияқты артықшылықтары айқын көрінеді.

Плазменно-ұнтақты наплавка процесі әсіресе тиімді, себебі ол дәл көрсетілген балқытылу тереңдігі мен қабат қалыңдығын қамтамасыз етуге, қабаттың қалыңдығы бойынша жоғары біркелкілікті, қажетті құрамды, құрылымды және қасиеттерді бірінші металды наплавкалау қабатында қамтамасыз етуге, автоматтандыру деңгейін жоғарылатуға, қалдық кернеулер мен деформацияларды азайтуға, наплавкаланған жабынындағы негізгі металлмен араласудың болмауына мүмкіндік береді.

ПГ-Ж40 самофлюсингті қорытпасын газотермиялық наплавка технологиясын енгізудің экономикалық тиімділігін, құрамына хром бориді CrB₂ қоса отырып, біз центробежді грунт сорғышының үш негізгі бөлшегі - броньды диск, жұмыс дөңгелегі және корпус үшін қарастырамыз.

Нәтижелер және талқылау

Байыту фабрикаларын өндіруге, бөлшектер ресурсының ұлғаюынан бастап, жалпы жағдайда мынадай құрамдас бөліктерден құралады: жинақталатын машинаның қызмет ету мерзімі (немесе жөндеу аралық кезеңі) үшін жоғары беріктігі бар бөлшектерге қажеттілікті азайту; жөндеу шығындарын қысқарту, яғни бөлшектер мен тораптарды ауыстырумен байланысты бөлшектеу-құрастыру жұмыстарына; азайту (немесе толық жою) жекелеген бөлшектердің істен шығуына

байланысты техниканың тоқтап қалуынан болған залалдар; пайдалану-техникалық сипаттамалардың жақсаруы нәтижесінде оның жылдық өнімділігінің артуы нәтижесінде машиналарды пайдаланудан түскен пайданың өсуі; машиналарға жоғары сенімділік қажеттілігінің төмендеуіне байланысты пайдалануға күрделі салымдардың салыстырмалы үнемделуі.

ПГ-Ж40 самофлюсингті қорытпасын енгізудің экономикалық тиімділігін есептеу үшін, құрамына хром бориді CrB_2 қоса отырып, центробежді грунт сорғышының броньды дискісі, жұмыс дөңгелегі мен корпусына арналған бастапқы мәліметтер есептеу үшін келтірілген. [13; 14].

4-ші кестеде 8Гр-8Т және 28ГрТ-8 грунт сорғыштарының жұмысында болатын негізгі құндық көрсеткіштер мен олардың бөлшектерінің ресурсы көрсетілген.

Плазмалық балқыту кезінде CrB_2 хром боридінің қатайтатын қоспаларының құрамына енгізе отырып, ПГ-Ж 40 өздігінен ағатын қорытпасын енгізудің экономикалық тиімділігі олардың жұмыс ресурсын ұлғайту есебінен сорғы корпусының, жұмыс дөңгелегінің, бронедискінің құнынан құралады.

Кесте 4 – Топырақ сорғыларының құны мен пайдалану көрсеткіштері 28Гр-8, 8Гр-8 және 5Гр-8

Атауы	Құны, тг	Қызмет мерзімі, тәулік	Саны	Жылына қосалқы бөлшектер саны
5Гр-8				
Сорғы корпусы (ұлу)	202 515	90	49	196
Жұмыс дөңгелегі	1 064 315	45	49	392
Бронедиск	128 825	60	49	294
8Гр-8				
Сорғы корпусы (ұлу)	303 035	75	114	456
Жұмыс дөңгелегі	1 113 085	25	114	1596
Бронедиск	134 460	50	114	798
28Гр-8				
Сорғы корпусы (ұлу)	3 199 960	80	11	44
Жұмыс дөңгелегі	2 298 735	150	11	22
Бронедиск	1 102 875	40	11	99

Сорғы бөлшектерінің бетін газотермиялық балқытуды қолдану нәтижесінде машиналардың жұмыс істемеуінің төмендеуі, сайып келгенде, жабдықты сатып алуға күрделі шығындарды азайтуға, сондай-ақ шартты тұрақты шығындарды, ең алдымен жабдық бойынша амортизациялық аударымдарды үнемдеуге әсер етеді. Балқытудың газотермиялық әдісін енгізу сорғының жұмыс ресурсын екі есеге арттыруға мүмкіндік береді, яғни қызмет ету мерзімі, әрине, сорғы корпусының, жұмыс дөңгелегі мен бронедистің жұмыс ресурсы артады. Сондай-ақ, қосалқы бөлшектерді сатып алу екі есе азаяды. Біз 8гр-8 сорғысын есептейміз, сондықтан қосалқы бөлшектерді сатып алу шығындары.

Кесте 5 – Балқытудың газотермиялық әдісін енгізу бойынша шығындарды калькуляциялау

Атауы	Сорғы корпусы	Жұмыс дөңгелегі	Бронедиск
Құны, тг	303035	1 113 085	134 460
Саны	114	114	114
Қызмет мерзімі, тәулік	75	25	50
Күрделі жөндеулер саны			
- ескі технология бойынша	4	10	5
- жаңа технология бойынша	2	5	3
Күрделі жөндеу құны, кг			
- ескі технология бойынша	138 000000	1 268 916 900	76 642 200
- жаңа технология бойынша	69 0000000	634 000 000	45 985 320
Бір қондырғыға қажетті ұнтақ мөлшері, кг	10	20	20
Ұнтақ құны, кг	11 400 000	22 800 000	22 800 000
Жұмыс дөңгелегінің құны, тг	34 545 990	126 891 690	15 328 440
Жиынтық күрделі шығындар, тг	77 713 670	181 000 000	69 896 120
Меншікті капитал шығындары, тг	11 000 000	27 150 000	10 400 000
Мерзімі өтелуі, айы	5	6	6
Экономикалық тиімділік, $\pi = (Sc.n - Sy.n)$	69 000 000	634 000 000	30 600 000
Кәсіпорынның пайдасы, тг $E = (Sc.n - Sy.n) - 0,15 * Se.p$	58 000 000	606 850 000	20 120 000

CrB_2 хром боридін қатайтатын қоспалар құрамына енгізе отырып, ПГ-Ж40 өздігінен ағатын қорытпасымен топырақ сорғысының бөлшектерін плазмалық балқытудың газотермиялық тәсілінің күтілетін жылдық экономикалық тиімділігі 733 600 000 тг, кәсіпорынның пайдасы - 684 805 000 тг құрайды.

Қорытынды

1) металл ұнтақтарын газбен жалынмен балқыту процестері мен технологиясы қаралды, машина бөлшектерінің қатайтылған беткі қабатын құрудың газотермиялық әдістерінің перспективалық әдістері белгіленді.

2) тозуға төзімді жабындарды қолданудың газотермиялық әдісін зерттеу негізінде центрифугалық топырақ сорғысының жұмыс дөңгелегінің жаңа дизайны ұсынылды.

3) газотермиялық балқытуды қолданудың техникалық-экономикалық негіздемесінің нәтижесінде қуаты 10-нан 60 кВт-қа дейінгі электр доғалы плазматрондардың плазмалық ағындарын пайдаланудың тиімділігі анықталды,

олар ілінісу беріктігін 500 МПа-ға дейін және экономикалық тиімділік коэффициентін 0,56-ға дейін қамтамасыз етеді.

4) CrV_2 хром боридін қатайтатын қоспалар құрамына енгізе отырып, ПГ-Ж40 өздігінен ағатын қорытпасымен топырақ сорғысының бөлшектерін плазмалық балқытудың газотермиялық әдісін енгізуден күтілетін жылдық экономикалық тиімділік 733 600 000 тг құрайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Тополянский, П. А., Тополянский, А. П.** Прогрессивные технологии нанесения покрытий - наплавка, напыление, осаждение // Технологии обработки поверхности. № 4 (73), 2011. – С. 79-84.

2 **Farah, E. S., Wan, H. I., Bakhtiar, S.** Design and Analysis of Centrifugal Pump Impeller for Performance Enhancement // Journal of Mechanical Engineering. – Vol SI 5(2), 2018. – P. 36–53.

3 **Singh, R. R., Nataraj, M.** Design and analysis of pump impeller using SWFS // World Journal of Modelling and Simulation, Vol. 10, № 2, 2014. – P. 152–160.

4 **Seitkhanov, A., Povetkin, V., Bektibay, B., Tatybayev, M., Bukayeva, A.** Improvement of the design of hydraulic transport devices for the transport of hydroabrasive media in the enrichment industry // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – № 5/1 (101), 2019. – P. 6–16.

5 **Povetkin, V. V., Kerimzhanova, M. F., Orlova, Y. P., Bukayeva, A. Z.** Improvement of equipment for transport of slurry in mineral processing production // Mining Informational and Analytical Bulletin. – № 6. 2018. – Moscow. – P. 161–169.

6 **Yao, Z., Wang, F., Qu, L., Xiao, R., He, C., Wang, M.** Experimental investigation of time-frequency characteristics of pressure fluctuations in a double-suction centrifugal pump // Journal of Fluids Engineering. 133(10), 101303. 2011.

7 **Соснин, Н. А., Ермаков, С. А., Тополянский, П. А.** Плазменные технологии. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского политехничес. ун-та, 2008. – 406 с.

8 **Поветкин, В. В., Ермаков, Д. К., Сейтханов, А. М., Букаева, А. З.** Полезная модель РК № 6718. Рабочее колесо центробежного грунтового насоса. Оpubл. 12.08.2021. – 3 с.

9 А.С.905515. Рабочее колесо центробежного насоса / Чижов, А. Е., Алымов, Ю. Г., Горин, Р. Ф., Битюков, В. А., Полещук, В. Г.; опубл. 15.05.1982, Бюл. № 6. – 2 с.

10 А.С.1435847. Рабочее колесо центробежного грунтового насоса / Бердинских, Ю. П.; опубл. 07.11.1988, Бюл. № 41. – 2 с.

11 **Амелькин, В. В.** Дифференциальные уравнения в приложениях. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1987. – 160 с.

12 **Кессель, Л. А.** Экономическая эффективность новой технологии и методы ее определения. – М. : ГосИНТИ, 1976. – 215 с.

13 **Корн, Г., Корн, Т.** Справочник по математике. – М. : Наука. – 1974. – 40 с.

14 Инструкция по оценке экономической эффективности промышленных роботов. – Москва : НИИМаш Минстанкопрома, 1983. – 52 с.

REFERENCES

- 1 **Topoljanskij, P. A., Topoljanskij, A. P.** Progressivnye tehnologii nanesenija pokrytij - naplavka, napylenie, osazhdenie [Advanced coating technologies - surfacing, spraying, deposition] // *Tehnologii obrabotki poverhnosti*, № 4 (73), 2011. – P. 79–84.
- 2 **Farah, E. S., Wan, H. I., Bakhtiar, S.** Design and Analysis of Centrifugal Pump Impeller for Performance Enhancement // *Journal of Mechanical Engineering*. – Vol SI 5(2), 2018. – P. 36–53.
- 3 **Singh, R. R., Nataraj, M.** Design and analysis of pump impeller using SWFS // *World Journal of Modelling and Simulation*, Vol. 10, № .2. – 2014. – P. 152–160.
- 4 **Seitkhanov, A., Povetkin, V., Bektibay, B., Tatybayev, M., Bukayeva, A.** Improvement of the design of hydraulic transport devices for the transport of hydroabrasive media in the enrichment industry // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – № 5/1 (101), 2019. – P. 6–16.
- 5 **Povetkin, V. V., Kerimzhanova, M. F., Orlova, Y. P., Bukayeva, A. Z.** Improvement of equipment for transport of slurry in mineral processing production // *Mining Informational and Analytical Bulletin*. – № 6, 2018. Moscow. – P. 161–169.
- 6 **Yao, Z., Wang, F., Qu, L., Xiao, R., He, C., Wang, M.** Experimental investigation of time-frequency characteristics of pressure fluctuations in a double-suction centrifugal pump // *Journal of Fluids Engineering*. 133(10), 101303. 2011.
- 7 **Sosnin, N. A., Ermakov, S. A., Topoljanskij, P. A.** Plazmennye tehnologii [Plasma technology] - SPb. : Izd-vo Sankt-Peterburgskogo politehn. un-ta, 2008. – 406 p.
- 8 **Poleznaja model' RK № 6718. Povetkin, V. V., Ermekov, D. K., Sejthanov, A. M., Bukaeva, A. Z.** Rabochee koleso centrobezhnogo gruntovogo nasosa [The impeller of the centrifugal ground pump]. Opubl. 12.08.2021. – 3 p.
- 9 **A.S. 905515.** Rabochee koleso centrobezhnogo nasosa [The impeller of the centrifugal pump] / Chizhov, A. E., Alymov, J. G., Gorin, R. F., Bitjukov, V. A., Poleshhuk, V. G.; opubl. 15.05.1982, Bjul. № 6. – 2 p.
- 10 **A.S. 1435847.** Rabochee koleso centrobezhnogo gruntovogo nasosa [The impeller of the centrifugal ground pump] / Berdinskih, J. P.; opubl. 07.11.1988, Bjul. № 41. – 2 p.
- 11 **Amel'kin, V. V.** Differencial'nye uravnenija v prilozhenijah. [Differential equations in applications] – Moscow : Nauka. Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1987. – 160 p.
- 12 **Kessel, L. A.** Jekonomicheskaja jeffektivnost' novoj tehnologii i metody ee opredelenija. [Economic efficiency of the new technology and methods of its determination] – Moscow : GosINTI, 1976. – 215 p.
- 13 **Korn, G., Korn, T.** Spravochnik po matematike. [Handbook of Mathematics] – Moscow : Nauka. – 1974. – 40 p.

14 Instrukcija po ocenke jekonomicheskoy jeffektivnosti promyshlennyh robotov. [Instructions for evaluating the economic efficiency of industrial robots] – Moscow : NIIMash Minstankoproma, 1983. – 52 p.

12.02.25 ж. баспаға түсті.

26.02.25 ж. түзетулерімен түсті.

28.02.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

**В. В. Поветкин¹, М. К. Татыбаев², *Ж. Н. Абілқайыр³,
О. О. Дуйсенбекова⁴, О. Т. Манкешева⁵**

¹Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы.

^{2,3,4,5}Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К. И. Сатпаева, Республика Казахстан, г. Алматы.

Поступило в редакцию 12.02.25.

Поступило с исправлениями 26.02.25.

Принято в печать 28.02.2025.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ СРОКА СЛУЖБЫ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАШИН И МАТЕРИАЛОВ

Статья посвящена основным направлениям повышения срока службы и износостойкости машин и материалов, используемых в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности Казахстана. В статье рассмотрены процессы и технология газопламенной наплавки металлических порошков, установлены перспективные современные газотермические методы для создания упрочненного поверхностного слоя деталей машин. На базе проведенных исследований газотермического способа нанесения износостойких покрытий, разработана новая конструкция рабочего колеса центробежного грунтового насоса. В результате технико-экономического обоснования применения газотермической наплавки, установлена эффективность использования плазменных струй электродуговых плазматронов, мощностью от 10 до 60 кВт, обеспечивающих прочность сцепления до 500 МПа и коэффициента экономической эффективности 0,56. Оптимизированы углы входа и выхода лопаток, профилированных по брахистохроне и логарифмической спирали, что снижает ударное воздействие твердых частиц. Применение самофлюсующегося сплава ПГ-Ж40 с боридом хрома CrB₂ позволяет значительно увеличить ресурс работы насосов. Приведены данные о сроках службы деталей насосов в различных условиях эксплуатации, а также результаты исследований, подтверждающие эффективность предложенного метода. Полученные разработки могут быть применены не только в горной промышленности, но и в нефтегазовой, строительной и металлургической отраслях, где оборудование подвергается интенсивному износу.

Ключевые слова: газотермическое напыление, центробежный грунтовой насос, наплавка, металлические порошки, износ.

*V. V. Povetkin¹, M. K. Tatybaev², *J. N. Abilkaiyr³,
O. O. Duissenbekova⁴, O. T. Mankesheva⁵*

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

^{2,3,4,5}Kazakh National Research Technical University named after

K. I. Satpayev, Republic of Kazakhstan, Almaty

Received 12.02.25.

Received in revised form 26.02.23.

Accepted for publication 28.08.25.

THE MAIN DIRECTIONS FOR IMPROVING THE SERVICE LIFE AND WEAR RESISTANCE OF MACHINES AND MATERIALS

The article is devoted to the main directions of increasing the service life and wear resistance of machines and materials used in the mining and processing industry of Kazakhstan. The article discusses the processes and technology of flame deposition of metal powders, and establishes promising modern gas-thermal methods for creating a hardened surface layer of machine parts. Based on the conducted studies of the gas-thermal method of applying wear-resistant coatings, a new design of the impeller of a centrifugal ground pump has been developed. As a result of the feasibility study of the use of gas-thermal surfacing, the efficiency of using plasma jets of electric arc plasmatrons with a power from 10 to 60 kW, providing adhesion strength up to 500 MPa and an economic efficiency coefficient of 0.56, has been established. The angles of entry and exit of the blades profiled in a brachystochrone and a logarithmic spiral have been optimized, which reduces the impact of solid particles. The use of a self-fluxing PG-Zh 40 alloy with chromium boride CrB₂ significantly increases the service life of pumps.

Data on the service life of pump parts in various operating conditions are presented, as well as research results confirming the effectiveness of the proposed method. The resulting developments can be applied not only in the mining industry, but also in the oil and gas, construction and metallurgical industries, where equipment is subjected to intense wear.

Keywords: gas-thermal spraying, centrifugal ground pump, surfacing, metal powders, wear and tear.

Теруге 06.03.25 ж. жіберілді. Басуға 28.03.25 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 1,09 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4360

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz