



ХҒТАР 73.31.09

Ғылыми мақала

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2024-146-1-75-84>

## Цилиндр-поршеньдік топ құрылысында керамикалық материалдарды қолдану

Кушалиев Д.К.\*<sup>ID</sup>, Қорабай Р.Б.<sup>1</sup>

«Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан

(E-mail: [rizabekkorabay@gmail.com](mailto:rizabekkorabay@gmail.com))

**Аңдатпа.** Мақалада ішкі жану қозғалтқышы конструкциясының тиімділігі мен тозуға төзімділігін арттыру үшін керамикалық материалдарды пайдалану туралы айтылады. Керамикалық материалдарды қолдану олардың температуралық факторларға жоғары төзімділігіне, сонымен қатар үйкеліс коэффициентінің төмендеуіне байланысты. Қолдануға неғұрлым қолайлы материалдар кремний карбидтері мен нитридтері болып табылады. Оларды өндіруге арналған шикізат табиғатта кең таралған заттар: кварц құмы, дала шпаты және каолин. Олардан ыстық престоу немесе байланыстырғыш заттарды пайдалана отырып, негізгі материалды агломерациялау арқылы қажетті пішіндегі бөлшектерді дайындау. Керамикалық кірістірулермен сұйық штамптау техникасы металлургиядағы композициялық бөлшектерді құю, суық күйде құю, қысыммен кристалдану арқылы құю, сондай-ақ тиксоқю және тиксо-штамптау әдістерімен өндіруді білдіреді. Құралда алдын ала дайындалған металл керамикалық кірістіру бар.

**Түйін сөздер:** Жөндеу жинағы, ЦПТ, трибомуфта, іштен жанатын қозғалтқыш, поршень, цилиндр.

Түсті: 28.10.2023. Жөнделді: 28.11.2023. Мақұлданды: 05.01. 2024 Онлайн қолжетімді: 29.03.2024

\* хат-хабар үшін автор

## Кіріспе

Керамикалық материалдардан жасалған қозғалтқыш бөлшектердің әдеттегіден (олар 250-450°C температурада жұмыс істейді) айырмашылығы 1300-1500°C температураға төтеп бере алады [1]. Керамиканың жоғары ыстыққа төзімділігі мен төмен жылу өткізгіштігінің арқасында жеке бөлшектерді салқындатудың қажеті жоқ. Ал барлық бөлшектер керамикалық материалдардан жасалған кезде, салқындату жүйесінің мүлдем қажеті болмайды. Сондай-ақ, керамикалық бұйымдардың салмағы сондай беріктіктегі металл бұйымдарға қарағанда азырақ болады [2]. Осылайша, керамикалық қозғалтқыштың жеке моделін жасап жатқан Cummins компаниясының пайымдауы бойынша, салқындату жүйесінің құрылысы жеңілдетіледі. Яғни су сорғысы мен радиатор сияқты бөлшектердің алынуына байланысты қозғалтқыштың салмағы бірдей қуаттың дәстүрлі қозғалтқыштармен салыстырғанда 20% -ға азаяды.

Жоғары цикл температурасын жасау және салқындату бөліктеріне байланысты жылу шығындарын жою қозғалтқыштың тиімділігін 45%-ға және одан жоғарыға дейін арттырады, отын шығынын айтарлықтай төмендетеді; тәжірибие нәтижелері бойынша керамикалық қозғалтқыш көрсеткіштері 34% -ға аз болады.

Двигатель жану камерасының бөліктері температурасының жоғарылауына байланысты (1200°C дейін) керамикалық қозғалтқыштардың әр түрлі отын түрлерін тұтынуын жүзеге асыру өте маңызды. Керосин, бензин, дизельдік отын, спирт, көмір мен тақтатастардан жасалған синтетикалық отын, қажет болған жағдайда мазуттың кейбір түрлерін де қолдануға болады. Сонымен қоса, жану камерасындағы температураның жоғарылауына байланысты жартылай жүктемелер кезінде қозғалтқыштың отын тиімділігі айтарлықтай артады, бұл қалалық жағдайларда қозғалатын көліктер үшін өте маңызды [3]. Цилиндрлерде отынның толық жануы арқылы пайдаланылған газдардың уыттылық деңгейі де төмендейді.

Жоғары температурада (250-450°C) жұмыс істейтін және жоғары тозуға ұшырайтын қозғалтқыш бөліктері үшін кремний карбидтері мен нитридтері ең қолайлы керамикалық материалдар ретінде қарастырылуы керек. Оларды өндіруге арналған шикізат табиғатта кең таралған заттар: кварц құмы, дала шпаты және каолин. Демек, қозғалтқыш құрылысында керамикалық бөлшектердің қолданысы қымбат легирленген маталлдар мен ыстыққа төзімді болаттарға қарағанда двигатель құнын азайтуға мүмкіндік береді.

Кремний карбидтері мен нитридтерінің қолайлы қасиеттерін технологияда пайдалану олардан ыстық престоу немесе байланыстырғыш заттарды пайдалана отырып, негізгі материалды агломерациялау арқылы қажетті пішіндегі бөлшектерді дайындау технологиясын құрудың арқасында мүмкін болды. Бұл технологияны қолдану арқылы алынған керамикалық материалды өңдеу жеңіл, сондықтан қозғалтқыш бөлшектерін жасауда оған артықшылық берілгені маңызды.

## Әдістер

Керамикалық кірістіру металлургиялық машинада құю, салқындату, қысыммен кристалдану арқылы құю, тиксо-құю және тиксо-штамптау арқылы композициялық бөлшектерді өндіру саласына жатады. Құралға алдын ала дайындалған металл керамикалық кірістіру орнатылған.

Содан кейін поршеньдік корпус пен юбка қалыпталады. Нәтижесінде мұндай поршеньдерді қолданыстағы жабдықты пайдалана отырып өнеркәсіптік өндіру және сапасын жақсарту мүмкіндіктері кеңейеді. Өнертабыс металлургиялық машина жасауда құю, салқындату, қысыммен кристалдану арқылы құю, сондай-ақ тиксо-құю және тиксо-штамптау әдістерімен композициялық бөлшектерді өндіру саласына жатады және басқалардан әртүрлі композиттік бұйымдарды өндіруде қолданылуы мүмкін.

Құрама бөлшектерді құю жергілікті беріктікті арттыруға, тозуға төзімділікті жоғарылатуға, құймалардың дайындығын жақсартуға және олардың жаңа қасиеттерін орнықтыруға мүмкіндік береді.

Ұсынылған әдістің баламасы іштен жанатын қозғалтқыштар (ICE) үшін композициялық поршеньдерді өндіруде қолданылатын әдіс болып табылады. Мұнда поршеньдік сақиналардың орнатылатын жерінің беріктігі жоғары материалдардан - легирленген болаттан немесе шойыннан жасалған кірістірулерден жасалады. Поршеньдік материалмен берік байланысты қамтамасыз ету үшін мұндай кірістіру алдын ала қыздырылады, алюминизирленеді және поршеньнің негізгі корпусы қалыпты немесе қалыпта құрайтын металмен толтырылады. Бұл технология өнеркәсіпте кеңінен қолданылады [4]. Дегенмен, автомобиль өнеркәсібіндегі прогреске байланысты қозғалтқыштардың тиімділігін арттыру үшін поршеньдерде металл керамикалық қосымшаларды қолдану жұмыстары жүргізілуде.

Композиттік металл-керамикалық бөлшектерді қысыммен кристалдау арқылы құюдың сіңдіру және жеке компоненттерді бір бүтінге біріктіру әдістері қолданылады.

## Нәтижелер

Бұл әдістің эксперименттік мысалы жұмыс камерасына поршень түзетін кеуекті керамикалық кірістіруді орнатуды, осы камераға сұйық металды құюды, кеуекті мөлшерлемені балқымамен сіңдіруді және металды қысыммен кристалдануды қамтитын композициялық бөлшектерді кристалдану арқылы жасау әдісі болып табылады.

Кемшіліктер:

- ірі қорытпалы құрамдастардың сүзілуінің жоғарылауы және олардың сіңдірілген кірістіру материалының шекарасында жиналуы;
- дайындаманың негізгі материалының құрамынан және дайындаманың негізгі материалынан химиялық құрамы бойынша ерекшеленетін сұйық субстанцияға малынған кірістіру құрамынан ерекшеленетін өзіндік химиялық құрамы бар айтарлықтай буферлік аймақтың – шекараның пайда болуы;

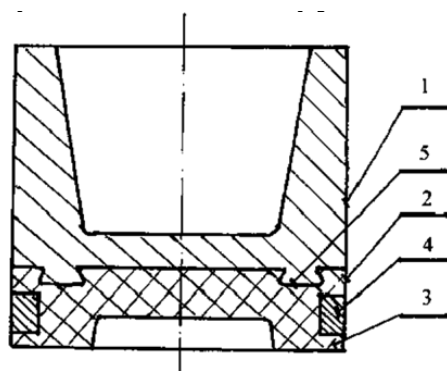
– сіңдірілген кірістірумен шекарадағы сіңдірілген материалдың механикалық қасиеттерінің өзгеруі, бұл бөліктің негізгі материалынан кірістірудің бөліну әсеріне әкеледі, ал механикалық жүктемелер кезінде дәл осы аймақта дайындаманың бұзылуы орын алады.

Металл-керамикалық кірістірулері бар ішкі жану қозғалтқыштары үшін поршеньдік әзірлемелерді дайындаудың ұсынылған әдісінің техникалық нәтижесі жоғарыда көрсетілген кемшіліктерді жою, өткізгіш керамикалық кірістіруді балқытылған металмен сіңдіру және тұтастай алғанда поршеньді сығымдау.

Бұл жағдайда, өндірістің бірінші кезеңінде поршень керамикалық дайындық керамиканы балқытылған металмен сіңдіру арқылы бөлек пресс-формада дайындалады койковка процесі жүреді. Металл-керамикалық кірістіруді алдын-ала дайындау сіңдіргіш материалдан керамикаға қарапайым шайба арқылы қажет емес өту аймағын жоюға мүмкіндік береді. Сіңдіретін материалды таңдау арқылы кермет кірістіруінің жоғары механикалық қасиеттеріне қол жеткізіледі. Сонымен қоса, металл керамикалық кірістіруді бөлек дайындау тәсілі оның қасиеттерін жақсартатын басқа элементтерді қосуға мүмкіндік береді. Мысалы, бұрандалы емес лайнерлер мен желдеткіш сақиналарды енгізу қозғалтқыштың жалпы жұмысын айтарлықтай жақсарта алады. Сонымен қатар, поршень корпусының металмен кірістірудің берік адгезиясына ықпал ететін бірқатар техникалық әдістерді қолдануға болады. Мысалы, поршень юбкасына қатысты конустық жағы бар лайнердің соңғы бетінде ойық немесе соқыр тесік пайда болады, ол поршеньді престеу кезінде балқытылған материалмен толтырылады [4]. Поршень өндірісінің екінші кезеңінде металл-керамикалық кірістіру поршень дайындамасын жасауға арналған камераға орналастырылады, қажетті қорытпалармен толтырылады және өнім кокиль құю, құю немесе балқыманы кристалдандыру арқылы құю сияқты белгілі әдістермен орындалады.

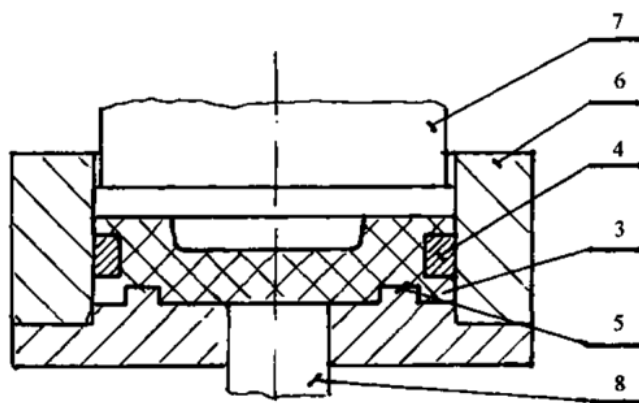
Ұсынылған әдістің техникалық нәтижесі поршеньдік корпус пен юбканы қалыптау торлы пресс түрінде немесе кокиль құю формасында немесе алдын-ала дайындалған металл-керамикалық лайнер орналастырылған және поршеньдік корпус пен юбканы қалыптау жүзеге асырылатын инъекциялық қалыпта жүзеге асырылады. Бұл жағдайда кірістірудің соңғы бетінде поршеньдік юбка және кері конустық сақиналы депрессия пайда болады немесе кірістірудің соңғы бетінде соқыр тесік орнығады, ал кеуекті керамикалық кірістіруге балқымамен сіңдіру алдында қатайтатын сақина бекітіледі.

Металл керамикалық кірістірулері бар іштен жану қозғалтқыштары үшін поршеньді әзірлемелерді дайындаудың ұсынылған әдісі бойынша графикалық материалдар 1-3 суретте көрсетілген. Мұнда: 1-суретте металл керамикалық кірістіруі бар поршеньдің конструкциясы берілген;



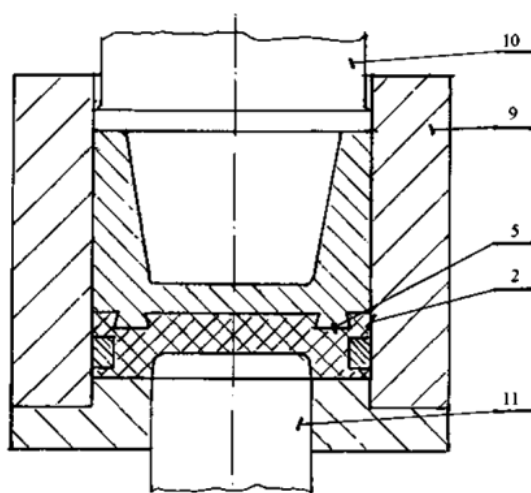
Сурет 1. Метал-керамикалық кірістірумен жасалған поршень

2-суретте металл керамикалық кірістіруді сіндіру және құрастыру үшін арналған штамп көрсетілген;



Сурет 2. Метал-керамикалық кірістіруді сіндіруге және құрастыруға арналған штамп

3-суретте поршеньді қалыптауға арналған қалып (салқындату) көрсетілген.



Сурет 3. Поршеньді қалыптауға арналған штамп (кокиль)

№2 металл керамикалық кірістірумен №1 двигатель поршенінің конструкциясы құрастырмалы қондырғы болып табылады. Ол металмен сіңдірілген №3 керамикалық шайбадан тұрады және №2 керамикалық кірістіру поршень өнімділігін жақсартатын №4 қарсылық сақинасын немесе басқа (мысалы, желдету) сақинаны қамтуы мүмкін. № 2 металл-керамикалық кірістіру поршеньнің қалған бөлігімен үлкен сенімділік үшін №5 құлыптау қосылымымен жалғасады. Бұл сақиналы ойықтар немесе оның соңғы бетіндегі соқыр тесіктер сериясы, поршеньнің юбкасына қарсы бүйірлік конус. Металл-керамикалық кірістіруді жасау үшін №3 қыздырылған кеуекті керамикалық шайба металл-керамикалық кірістіруді құрастыру үшін мөртабанға салынады. Қажет болса, бұл мөртабанға алдын ала алиттелген №4 резистивті емес сақина қосымша орнатылады. Содан кейін керамиканы сіңдіруге арналған Балқыма құйылады. №7 соққының көмегімен балқыманың бетіне қысым қолданылады, онда металл-керамикалық кірістірудің сұйық бөлігі сіңіп, кристалданады. Дайын өнімді итеру №8 итергішпен жүзеге асырылады. Механикалық өңдеу нәтижесінде алынған кірістірудің өлшемдері берілген мәнге жеткізіледі, оның ішінде №1 негізгі поршеньнің металына неғұрлым берік қосылуға арналған құлыптау қосылыстары орындалады. Алынған №2 керамикалық кірістіру поршень дайындамасын одан әрі қалыптауда қолданылады. Ол үшін оны қайта қыздырып, металл-керамикалық кірістірілген поршеньді қалыптау үшін №9 матрицаға орналастырады. Сұйық штамптау кезінде поршеньнің негізгі материалы балқымасының белгілі бір мөлшері сол матрицаға құйылады. Қатты сұйық штамптау кезінде рео немесе тикс дайындамасының бір бөлігі салынады. Содан кейін поршеньді дайындаманың соңғы штамптауы жасалады.

Сұйық штамптау кезінде сол матрицаға поршеньдік негіз материалының балқымасының белгілі бір мөлшері құйылады. Қатты сұйықтықты штамптауды пайдаланған кезде рео- немесе тикс-дайындаманың бір бөлігі салынады. Содан кейін поршеньдік дайындаманың соңғы штамптауы орындалады.

Металл керамикалық кірістірулері бар двигательдар үшін поршеньдік дайындамаларды өндіру әдісін пайдалану келесі нәтижелерді береді:

- өнеркәсіпте бар жабдықты пайдалана отырып, мұндай поршеньдерді өнеркәсіптік өндіру мүмкіндігін кеңейту;
- осындай поршеньдерді құю, құю, құю, тиксо- және қайта штамптау әдістерімен жасау мүмкіндігін іске асыру;
- жоғары сапалы металл керамикалық кірістірумен поршеньді дайындамалар алу;
- күшейткіш ни-резисттік және желдеткіш сақиналары бар беріктігі жоғары металл керамикалық кірістірулерді алу.

Алюминий қорытпаларының бетін өзгертудің тиімді, үнемді және экологиялық таза әдістерінің бірі микродоғалық тотығу болып табылады [5]. Процесс электролитке орналастырылған бөлшектердің бетіндегі микродоғалық разрядтар түріндегі жоғары температуралы электрохимиялық реакцияға негізделген. Реакция нәтижесінде қаттылығы мен беріктігі жоғары, химиялық белсенділігі төмен, жылу және электр өткізгіштігі бар қалың (400 мкм-ге дейін) жабындар пайда болады. Пленканың механикалық параметрлері электролит құрамымен және электр өңдеу режимдерімен

реттеледі. Электролиздерге натрий, калий және басқа легирлеуші элементтердің сілтілі ерітінділері жатады. Процестің белсендіру кернеуі әдетте 450-500 В құрайды.

Микро-доғалық жабындардың негізгі артықшылықтары болып табылады [1][2][6]

- беріктігі бойынша гауһар тастардан кейінгі өте берік жабындарды жасау мүмкіндігі;
- кез келген конфигурациядағы бөлшектердің сыртқы және ішкі беттеріне жабындарды жағу мүмкіндігі;
- қосымша бояусыз жабындардың әртүрлі түстерін алу мүмкіндігі;
- беттерді алдын ала өңдеудің қажеттілігінің болмауы;
- коррозиядан шаршауға жоғары төзімділік (жоғары төзімділік шегі);
- керамикалық жабыны бар қозғалтқыш жылуды ұстауға байланысты қуаттың ұлғаюын көрсетеді, яғни тиімділігін 8-10%-ға арттырады.

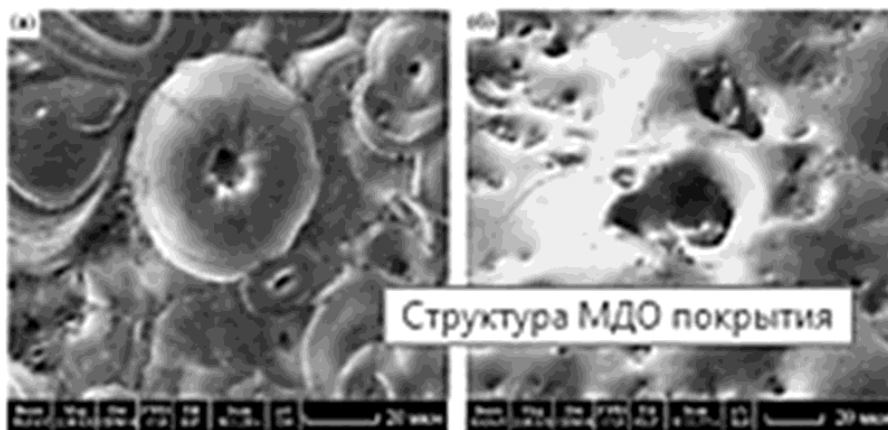
1-кестеде қорытпаларға МДО жабындарының техникалық сипаттамалары берілген:

**Кесте 1**

Қорытпалардағы МДО жабындарының техникалық сипаттамасы

Сипаттама	Магний қорытпалар	Алюминий қорытпалар
Қаптау қалыңдығы, (мкм)	10-300	10-300
Микроқаттылық, (Н.В.)	650-950	800-1950
Үйкеліс коэффициенті	0,01- 0,02	0,01 – 0,02
Бұзылу кернеуі, (В)	600	4500

Сурете микро-доғалық жабындар көрсетілген.



а

б

**Сурет 4. а) Алюминий жабын AD31, б) магний ML5 қорытпа**

Жабындардың қасиеттеріне бұйымдардың бетінде керамикалық оксидті пленкаларды қалыптастыру арқылы қол жеткізіледі, атап айтқанда -  $Al_2O_3$  (корунд), бұл

бөлшектердің тозуға және коррозияға төзімділігін бірнеше есе арттыруға мүмкіндік береді [2]. Микродоғалық тотығу технологиясы арқылы өндірілген іштен жану қозғалтқышының бөлшектеріне керамикалық жабындар тозуды 10 есе азайтады және іштен жанатын қозғалтқыштың қызмет ету мерзімін арттырады [7].

### Қорытынды

Осылайша, бұл ғылыми зерттеулер, егер поршеньдік профиль мен цилиндр төсемі технологиялық талаптарға сәйкес дұрыс орындалса, бірдей сызықтық кеңею коэффициенті бар материалдарды пайдалана отырып, ішкі жану қозғалтқышының цилиндр-поршеньдік тобына жөндеу жинағын әзірлеуге мүмкіндік береді. Жоғарыда сипатталған операциялар поршеньдік сақиналарды пайдалануды болдырмайды.

### Авторлардың қосқан үлесі

**Кушалиев Д.К.**, идея авторы болып табылады, жұмыстың бағыты мен бастапқы мәліметтерді ұсынды. Жұмыстың бастылуы мен жүзеге асырылуына үлес қосты.

**Қорабай Р.Б.**, жетекші ұсынған идеяны әрі қарай жетілдіріп, жаңа мәліметтер жинап, жұмысты аяқтады.

### Әдебиеттер

1. Дударева Н.Ю. Влияние керамического покрытия, формируемого методом микродугового оксидирования, на прочность поршней двигателей внутреннего сгорания / Н.Ю. Дударева, А.А. Ишемгузин // Прочность неоднородных структур – ПРОСТ 2023: Сборник трудов XI Евразийской научно-практической конференции, Москва, 18–20 апреля 2023 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Студио-Принт", 2023. – С. 192. – EDN JNEWBT.
2. Бутусов И.А. Исследование влияния микродугового оксидирования на износостойкость поршня ДВС / И.А. Бутусов, Н.Ю. Дударева // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – № 9. – С. 127-144. – EDN RMYELL.
3. Дударева Н.Ю. Исследование влияния керамического покрытия на тепловое состояние гильзы цилиндра / Н. Ю. Дударева, М. А. Прокофьева // Двигателестроение. – 2021. – № 3(285). – С. 3-6. – EDN НАКВАР.
4. Ефимова В.А. Специальные способы литья. Справочник. Машиностроение, 1991. 669 с.
5. Липчин Т.Н. Получение заготовок поршней литьем с кристаллизацией под давлением. Издательство Томского университета, Пермское отделение, 1991. С.117.
6. Милованов Д.А. Исследование свойств МДО-покрытий для цилиндрико-поршневой группы ДВС при нанолегировании / Д. А. Милованов, А. В. Чавдаров // Труды ГОСНИТИ. – 2018. – Т. 132. – С. 176-181. – EDN VLSWAM.
7. Чавдаров А.В. Перспективы использования технологии МДО для двигателей внутреннего сгорания / А. В. Чавдаров, В. А. Денисов // Агроинженерия. – 2020. – № 5(99). – С. 38-42. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-5-38-42. – EDN ZMMVGO.



Кушалиев Д.К.<sup>1</sup>, Қорабай Р.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,  
Астана, Казахстан

### Использование перспективных материалов в цилиндропоршневых группах

**Аннотация.** Данная статья повествует об использовании керамических материалов для повышения эффективности и износостойкости конструкции двигателя внутреннего сгорания. Применение керамических материалов обусловлено высокой стойкостью к температурным факторам, а также сниженным коэффициентом трения. Карбид кремния и нитрид кремния являются более подходящими материалами. Эти материалы широко распространены в природе, такие, как кварцевый песок, полевопшпат и каолин, и используются для производства компонентов требуемой формы путем горячего прессования или спекания основного материала со связующим. Технология жидкой штамповки с керамическими вставками относится к области производства композиционных деталей в металлургическом машиностроении методами литья, холодного литья, литья под давлением, тиксолитья и тиксоштамповки. В состав оснастки входят готовые металлокерамические вставки.

**Ключевые слова:** ремонтный комплект, ЦПГ, трибосопряжение, ДВС, поршень, гильза.

### Use of ceramic materials in cylinder piston groups

Kushaliev D.K.<sup>1</sup>, Korabay R.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Abstract.** This article talks about the use of ceramic materials to increase the efficiency and wear resistance of the internal combustion engine design. The use of ceramic materials is due to their high resistance to temperature factors, as well as a reduced coefficient of friction. More suitable materials to use are silicon carbides and nitrides. The raw materials for their production are substances widespread in nature: quartz sand, feldspar and kaolin. Manufacturing parts of the required shape from them by hot pressing or sintering of the base material using binders. The technique of liquid stamping with ceramic inserts refers to the production of composite parts in metallurgical engineering using the methods of casting, cold casting, casting with crystallization under pressure, as well as thixocasting and thixostamping. The tool has a prefabricated metal-ceramic insert.

**Keywords:** Transport, repair kit, CPG, tribocoupling, internal combustion engine, piston, liner.

### References

1. Dudareva, N. Yu. Effect of ceramic coating, formed by the method of micro-arc oxidation, on the strength of internal combustion piston engines / N. Yu. Dudareva, A. A. Ishemguzhin // Strength of heterogeneous structures - PROST 2023: Proceedings of the 11th Eurasian Scientific and Practical Conference, Moscow, April 18-20, 2023. - Moscow: Studio-Print Limited Liability Company, 2023. - S. 192. – EDN JNEWBT.

2. Butusov, I. A. Investigation of the influence of micro-arc oxidation on the wear resistance of the diesel engine piston / I. A. Butusov, N. Yu. Dudareva // Science and education: scientific publication named after MGTU. N.E. Bauman. - 2013. - No. 9. - S. 127-144. – EDN RMYELL.

3. Dudareva, N. Yu. Investigation of the influence of ceramic coating on the thermal state of the sleeve cylinder / N. Yu. Dudareva, M. A. Prokofieva // Dvigatelsestroenie. - 2021. - No. 3(285). - S. 3-6. – EDN HAKBAR.

4. Efimova V.A. Special casting methods. Directory. Machine building, 1991, p. 669.

5. Lipchin T.N. Production of blanks by piston casting with crystallization under pressure", publishing house of Tomsk University, Perm Department, 1991, p. 117.

6. Milovanov, D.A. Investigation of the properties of MDO-coating for the cylinder-piston group DVS with nano-alloying / D. A. Milovanov, A. V. Chavdarov // Trudy GOSNITI. - 2018. - Vol. 132. - S. 176-181. – EDN VLSWAM.

7. Chavdarov, A.V. Perspectives of using technology MDO for internal combustion engines / A.V. Chavdarov, V.A. Denisov // Agroengineering. - 2020. - No. 5(99). - S. 38-42. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-5-38-42. – EDN ZMMVGO.

#### **Сведения об авторе (авторах):**

**Кушалиев Даурен Кайсарович**, к.т.н., Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, улица Кажымукана, 13, Астана, Казахстан, zkaty777@mail.ru

**Қорабай Ризабек Бахтиярұлы**, докторант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, улица Кажымукана, 13, Астана, Казахстан, rizabekkorabay@gmail.com

**Кушалиев Даурен Кайсарович** – т.ғ.к., Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Кажымукан, 13 Астана, Қазақстан, zkaty777@mail.ru

**Қорабай Ризабек Бахтиярұлы** - докторант, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Кажымукан, 13, Астана, Қазақстан, rizabekkorabay@gmail.com

**Kushaliev Dauren Kaisarovich**, candidate of technical sciences, teacher, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan street, 13, Astana, Kazakhstan, zkaty777@mail.ru

**Korabay Rizabek Bakhtiyaruly**, PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan street 13, Astana, Kazakhstan, rizabekkorabay@gmail.com