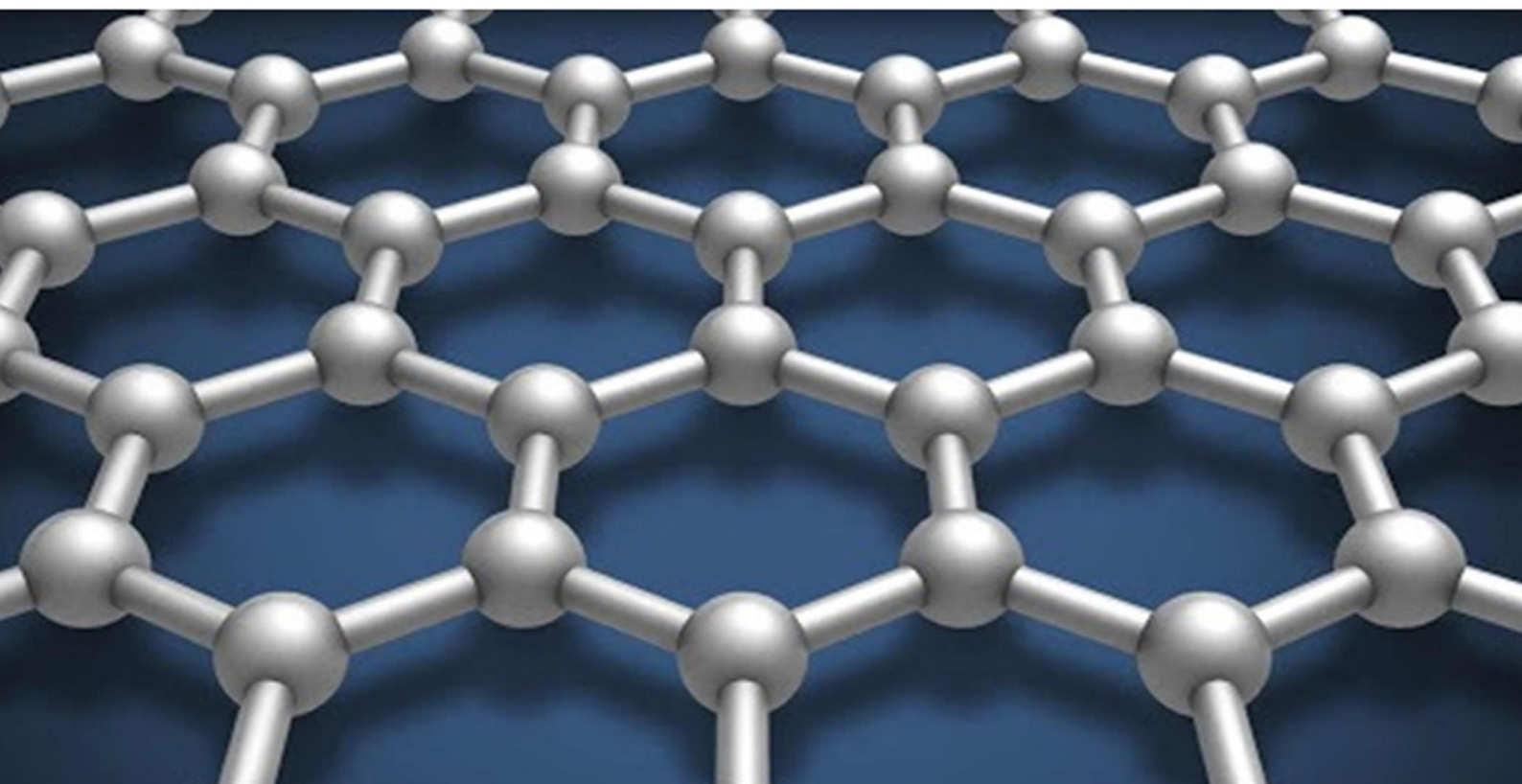


O'zbekiston

Kompozitsion Materiallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

This article analyzes the technological processes of flame coating and the types of powder materials used in it. The composition of powder materials and coating technology are analyzed to improve its wear resistance and extend the service life of machine building parts.

Юсупов Абдулазиз Абдуллажанович	- д.ф. (PhD) по т.н., доцент Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета им. И.Каримова
Абдуллаев Бекзод Камолиддин угли	- докторант, Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова
Фазиллов Дузмурат Сайдивалиевич	- ассистент, Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета им. И.Каримова
Абдукаримова Азимжоновна	Фериштабону - студент, Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета им. И.Каримова

УДК 621.431:531.761

УПРОЧНЕНИЕ, НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ВАЛООБРАЗНЫЕ ДЕТАЛИ В МАШИНОСТРОЕНИИ И МОДИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ

З.Э. Мусабеков, Ж.Р. Мирзаабдуллаев, Б.З. Эргашев, А.И. Янгибоев

Введение. Использование современных технологий нанесения покрытий особенно важно для восстановления валообразных деталей, продолжительно эксплуатирующихся в народном хозяйстве.

Данная работа посвящена исследованию и разработке технологии восстановления упрочнения, нанесения покрытий.

Техническая реализация восстановления заключается в металловедческих особенностях валов, ограничивающих термическое воздействие, поэтому ни один из известных способов наплавки оказывается неприемлемым. Наилучшим способом восстановления валов, в нашем представлении его преимущества, выражаются в минимальном термическом влиянии на основу и удовлетворительной износостойкости покрытия.

Показано, что наиболее рациональным способом восстановления этих и подобных им валов следует признать способ напыления. Выбор обосновывается тем, что, обладая минимальным термическим влиянием на основу, этот способ позволяет, практически без снижения предела выносливости валов может обеспечить высокую износостойкость и удовлетворительную прочность сцепления покрытия с металлом детали.

Восполнение отмеченных пробелов и недостатков работ прежних исследований рассматривается в реализации следующих задач:

1. Теоретически обосновать и практически минимизировать термическое влияние напыляемого покрытия на основу с тем, чтобы избежать рекристаллизационного

образования карбидов, следовательно, снижения предела выносливости валов.

2. Теоретически обосновать и экспериментально подтвердить повышение качественных показателей покрытий, получаемых композитным материалом.

Теоретическое обоснование процесса получаемых из композитных материалов валов посвящена вопросам плавления электродов, образования капель расплавленного металла и переноса их в дисперсном виде на восстанавливаемую поверхность. Здесь же дается теоретическая оценка преимуществ источника и обосновываются энергетические и геометрические параметры частиц расплавленного металла.

Удельная скорость окисления капли расплавленного металла может быть определена по эмпирической формуле

$$v_{O_2} = \frac{\Delta G}{22,7 \cdot 10^4 \sqrt{\tau}} = \exp\left(-\frac{9000}{T}\right) \quad (1)$$

Количество теплоты, содержащейся в частице расплавленного металла, определяется зависимостью:

$$Q = c_u m_u T_u, \text{ Дж.} \quad (2)$$

Расчеты, выполненные по разработанной нами методике, показывают, что температура вала при нанесении слоя в 2 мм не превысила 264 °С. Мгновенная температура в точке контакта частицы с поверхностью детали равна 1750К. Плотность теплового потока через площадку контакта составляет 6,185·10⁴ Дж/К.

Критерием исключения рекристаллизации чугуна является коэффициент теплоотдачи от частицы в основной металл по следующему выражению:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\Delta T} |grad T|_{cm}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (3)$$

где λ - коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К) или Дж/(м·с·К); для стали $\lambda = 46$ Вт/(м·К), для чугуна $\lambda = 50$ Вт/(м·К);

$|grad T|_{cm}$ - модуль градиента температуры на границе поверхностей, т. е. в окисных пленках, К.

Стабильность процесса металлизации, определяющая качество покрытия, является вторым важным вопросом, требующим теоретического обоснования.

В методике экспериментальных исследований приводятся общие и частные вопросы исследования. К общим вопросам методики отнесены: структура и программа исследований, обоснование выбора частных методик, сбор, обработка и анализ экспериментальной информации.

Объекты и методы исследований.

Исследования относительной износостойкости в условиях трения скольжения со смазкой выполнялись на машине трения СМЦ-2 по схеме “ролик-колодка”. Испытания проводились при постоянной частоте вращения (1000 мин⁻¹), что соответствовало относительной скорости скольжения 3 м/с.

Удельное давление равнялось 6 МПа при опорной поверхности сопряженной пары 2см²; погрешность нагружения не превышала 5 %. Условие гидродинамической смазки создавалось моторным маслом М10Г₂, подаваемый к трущейся паре посредством насоса.

Для микроструктурного анализа шлифы вырезались из образцов с покрытием. Методика приготовления шлифов не отличалась от общепринятой. Количество шлифов выбрали исходя из задач микроструктурного анализа и особенностей строения покрытия. При толщине покрытия менее 1 мм изготовлялся косой срез. Металлографические исследования проводили с помощью оптического микроскопа МИМ-8 при увеличении $\times 100$ и $\times 200$.

Микротвердость покрытия измеряли на твердомере ПМТ-3М с нагрузкой на индентер равной 1Н. Твердость покрытия определяли твердомером Викерса ТП, вдавливанием алмазной пирамиды при нагрузке 5Н.

Прочность соединения покрытия с основным металлом определялась методом нормального отрыва покрытия, приклеенного к контробразцу, от основы на разрывной машине Р-5. Для склеивания применяли клей следующего состава (в частях по массе): смола эпоксидная - 100; пластификатор

(дибутилфталат) - 13; наполнитель кварцевый песок (маршалит) - 150...120; отвердитель (полиэтиленполиамин)-10.

Склеивание производили в струбине с усилием сжатия 0,3...0,4 МПа при нагреве до 100 °С в течение трех часов. Остатки клея, выступившие по периметру торцов, после его отверждения тщательно удалялись. Кратность повторностей испытания для всех вариантов была равной 10. Погрешность измерения усилия отрыва не превышала $\pm 0,05$ Н.

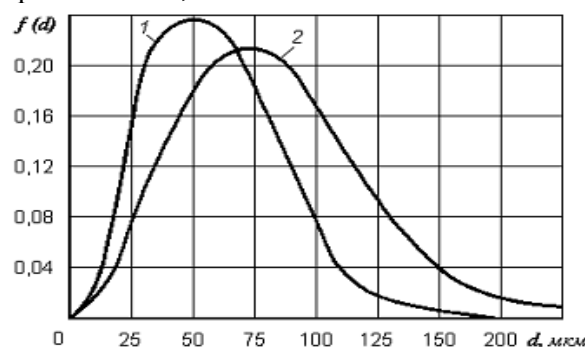


Рис. 1. Функции распределения размерных параметров (диаметров) напыляемых частиц: 1 – ток постоянный, композитный материал; 2 – ток переменный, проволока сплошного сечения У6

Одной из наиболее важных оценок, характеризующих твердость, износостойкость, пористость и прочность сцепления покрытия является размер нанесенных частиц. На рис.1 представлены функции плотности распределения диаметров напыляемых частиц металла, полученные нами (кривая 1) и заимствованная из диссертации профессора Вадивасова Д. Г. (кривая 2). В обоих случаях это законы нормального распределения, но использование композитных материалов и источника постоянного тока привело к смещению математического ожидания до диаметра 50 мкм, вместо 75 мкм. К тому же область доверительной вероятности сузилась более чем на 50 мкм, что позволяет заключить о более высокой стабильности в нашем процессе.

Применение композитных материалов с внутренней защитой в виде флюорита, рутила и окиси алюминия благотворно сказалось не только на стабильности горения дуги, но и снизило процент выгорания графита. Именно поэтому увеличилась жидкотекучесть расплавленного металла, и уменьшился средний диаметр напыляемых частиц. Отмечено существенное повышение микротвердости покрытия, которое можно объяснить не только образованием мартенситных структур, но и более

качественным легированием в присутствии окислов алюминия.

Более интенсивное выгорание углерода при меньшей дистанции между срезом сопла и поверхностью детали объясняется недостаточностью времени протекания окислительно-восстановительных реакций, в результате чего флюс не успевает изолировать частицы металла от воздействия кислорода и азота.

В качестве критерия стабильности процесса металлизации принята прочность сцепления покрытия с поверхностью чугунного образца.

Металлографический анализ свидетельствует о наличии в покрытии мартенсита, троостита, включений карбидов титана и хрома. Важным моментом мы считаем практическое отсутствие белого слоя в

зоне соединения покрытия с основным металлом.

Теоретически предсказанное уменьшение при выгорании графита и легирующих элементов при использовании для металлизации композитный материал, обладающих внутренней защитой, нашло экспериментальное подтверждение металлографическими исследованиями, лабораторными испытаниями покрытий на износостойкость и твердость.

Материалы, из которых изготавливаются различные изделия, можно разделить по признаку их применения в определенных отраслях народного хозяйства или видах техники. Например, машиностроительные, приборостроительные, электротехнические, строительные материалы или материалы лазерной техники, ядерные материалы и прочие.



Рис. 2. Классификация машиностроительных сталей и сплавов

Результаты и их обсуждение. Учитывая особенности специальности, остановимся на краткой характеристике машиностроительных материалов (в том числе, боеприпасных), которые по своей природе разделяются на металлические и неметаллические. Последние в виде пластмасс, резины, керамики, ситаллов играют значительную роль в производстве изделий и в общем объеме материалов занимают всевозрастающую долю.

По назначению машиностроительные материалы разделяются на конструкционные, инструментальные и материалы с особыми физическими свойствами (нержавеющие, магнитные, проводниковые, диэлектрики, тепло- и электропроводные и другие), т.е. на три класса. По своим эксплуатационным свойствам классы материалов разделяются на подклассы, которые, в свою очередь, делятся на группы и на подгруппы.

Стали и конструкционные сплавы (рис.2) предназначены для различных

металлоконструкций, деталей машин, механизмов, приборов, подвергающихся механическим нагрузкам. Они обеспечивают конструкционную прочность деталей, т.е. комплекс механических свойств, гарантирующих успешную работу деталей в условиях эксплуатации. В зависимости от условий работы, этими характеристиками могут быть: пределы прочности и текучести, упругости, жесткости, долговечности (предел выносливости, износостойкости), пластичность (относительное удлинение и относительное сужение площади поперечного сечения), ударной вязкости и т.д.

По уровню прочности стали принято разделять на стали нормальной (средней) прочности (до 1000 МПа), повышенной прочности (от 1000 до 1500-1800 МПа) и высокопрочные (более 1800 МПа). Сплавы титановые с $\sigma_{\text{в}} \geq 800$ МПа и алюминиевые сплавы с $\sigma_{\text{в}} \geq 450$ МПа также относятся к сплавам повышенной прочности.

Итак, с учетом назначения изделий, условий работы и предъявляемыми к ним требованиями определяем класс металлических материалов. Так, если это силовая конструкция деталей машин, подвергающаяся различным механическим воздействиям, то выбирается класс 1.

Если же определяющим параметром детали является какое-либо из физических свойств, то выбирается класс 2. Например, если требуется изготовить нагревательные элементы печи, в первую очередь обращают внимание, насколько высоким является удельное электросопротивление, постоянно ли оно при нагреве, учитывая при этом и жаростойкость.

Заключение: расчеты, выполненные по разработанной нами методике, показывают, что температура вала при нанесении слоя в 2 мм не превышает 264 °С. Мгновенная температура в точке контакта частицы с поверхностью детали равна 1750 К. Плотность теплового потока через площадку контакта составляет $6,185 \cdot 10^{-4}$ Дж/К.

Критерием исключения рекристаллизации чугуна является коэффициент теплоотдачи от частицы в основной металл.

Экспериментально получено повышение качественных показателей покрытий, получаемых композитным материалом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кадыров С. М., Мусабеков З. Э. Способ восстановления изношенных деталей металлизацией. Патент Руз. №706, Расмий ахборот, № 4 (10), 1997.
2. Tulaev B.R., Musabekov Z. E., Daminov O.O., Khakimov J.O. Application of supercharged to internal combustion engines and increase efficiency in achieving high environmental standards" 1st International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science (ICPPMS-2021)». (Ташкент, 10-11 июня 2021 г.)
3. Ergashev B. Shadimetov Y., Musabekov Z., Uralova H. "Experimental study on the presence of cadmium in the atmospheric air and other elements of the ecosystem of Tashkent"
4. Zakirjon Musabekov, Jamshid Khakimov, Ergashev Botir. Differential equations for calculating gas exchange in an internal combustion engine. E3S Web Conf. International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2021). Volume 264, 2021. P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126401003>
5. Кадыров С. М., Мусабеков З. Э. Современные способы восстановления деталей. / Учебное пособие. Ташкент, 1998.

Kalit so'zlar: kompozit material, qoplamalar, mikroqattqlik, val shaklidagi qism.

Ftorit, rutil va alyuminiy oksidi korinishidagi ichki himoya bilan kompozit materiallardan foydalanish nafaqat yoyning barqarorligiga foydali ta'sir ko'rsatdi, balki grafitning yonish foizini ham kamaytirdi. Shuning uchun eritilgan metallning suyuqligi ortib, zarrachalarning o'rtacha diametri kamaydi. Qoplamaning mikroqattqligining sezilarli darajada oshishi qayd etildi, bu nafaqat martensitik tuzilmalarning shakllanishi bilan, balki alyuminiy oksidlari ishtirokida yaxshiroq qotishma bilan ham izohlanishi mumkin.

Ключевые слова: композитный материал, покрытия, микротвердость, валообразная деталь.

Применение композитных материалов с внутренней защитой в виде флюорита, рутила и окиси алюминия благотворно сказалось не только на стабильности горения дуги, но и снизило процент выгорания графита. Именно поэтому увеличилась жидкотекучесть расплавленного металла, и уменьшился средний диаметр напыляемых частиц. Отмечено существенное повышение микротвердости покрытия, которое можно объяснить не только образованием мартенситных структур, но и более качественным легированием в присутствии окислов алюминия.

Key words: composite material, coatings, microhardness, shaft-shaped part.

The use of composite materials with internal protection in the form of fluorite, rutile and aluminum oxide had a beneficial effect not only on the stability of the arc, but also reduced the percentage of graphite burnout. That is why the fluidity of the molten metal increased, and the average diameter of the sprayed particles decreased. A significant increase in the microhardness of the coating was noted, which can be explained not only by the formation of martensitic structures, but also by better alloying in the presence of aluminum oxides.

Мусабеков Закиржон

- доцент, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Мирзаабдуллаев Жахонгир

- доцент, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Эргашев Ботир

- докторант, Ташкентский государственный транспортный университет.

Янгибоев Аваз

- ассистент, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова.

С.А. Расулов, Э.Х. Туляганов, Ф.К. Абдуллаев, Ш.Н. Саидходжаева, В.П. Брагина. Особенности технологии плавки чугуна в индукционных электропечах.....	92
Ш.Ш. Ахмадалиев, Н.М. Ризаева, С.Х. Райимкулов, М.А. Фоменко, К.А. Хасанов. Шарошка деталени сиқиб чиқариш технологиясини ишлаб чиқиш.....	96
С.А. Расулов, Э.Х. Туляганов, А.Н. Тураев, Ш.Н. Саидходжаева, В.П. Брагина, Ф.К. Абдуллаев. Технология переплава стружки электрошлаковым способом.....	98
N.B. Xujakulov, F.M. Maxmudova, N.R. Nasirova. Yuqori marganesli yeyilishga bardoshli po'lat tarkibini takomillashtirishning nazariy asoslari.....	101
А.С. Хасанов, У.Х. Эшонкулов, А.А. Равшанов. Технология восстановительного обжига в кипящем слое железного концентрата.....	104
А.С. Хасанов, У.Х. Эшонкулов, А.А. Равшанов. Улучшение показателей процесса получения порошкообразного железа, как осадителя при комбинированном процессе обогащения медных окисленных руд....	110
Ш.А. Бозорбоев, Н.О. Умирова, К.С. Негматова, Ж.Н. Негматов, Б.И. Хатамкулов. Исследование и разработка способа измельчения и получения тонкодисперсных волластонитовых порошков с высокой удельной поверхностью.....	116
С.С. Негматов, У.К. Кучкаров, К.С. Негматова, Д.С. Шодмонов, Х.Ю. Рахимов, С.У. Султонов, Э.Н. Юсупходжаева, З.А. Мирзаев. Разработка оптимальных составов композиционных химических реагентов, полученных на основе местного сырья и отходов производств, снижающих коррозионность насосно-компрессорных труб (НКТ) и механизмов машин в нефтегазовой промышленности и автомобильной отрасли.....	118
С.С. Негматов, У.К. Кучкаров, С.У. Султонов, К.С. Негматова, Д.С. Шодмонов, Х.Ю. Рахимов, С.П. Абдурахманова, З.А. Мирзаев. Разработка композиции для антикоррозионных покрытий, позволяющих защитить рабочих органов машин и механизмов и трубопроводы от кислотной коррозии.....	121
С.С. Негматов, Х.Ю. Рахимов, К.С. Негматова, Ж.Н. Негматов, З.Т. Карабаева, О.А. Аминжонов. Разработка композиционного химического реагента - эмульгатора для гидрофобных нефтеэмульсионных буровых растворов..	122
T.R. Yuldashev, B.Z. Adizov. Tabiiy gazni nordon komponentlardan tozalashda ko'pik hosil bo'lish muammolar va uni yechish yo'llari.....	125
Н.Х. Бозорова, Ж.Б. Ражабов, П.Ж. Исокулов, Э.Р. Тураев. Способы обработки полимеров наполнителями для снижения их горючести.....	128
A. Hasanov, S. Negmatov, Sh. Munosibov, Sh. Hojiyev. Oltingugurt dioksidini ishqoriy eritmaga absorbsiyalash jarayonlarining asosiy texnologik parametrlarini aniqlash.....	130
А.С. Хасанов, Ш.Н. Туробов. Вовлечение в производство отработанных катализаторов сернокислотной промышленности.....	134
С.С. Негматов, К.С. Негматова, Ю.К. Рахимов, Д.Н. Раупова, Х.Ю. Рахимов, Д.Х. Мусабеков. Обезвоживание и обессоливание водонефтяных эмульсий с применением разработанного композиционного химического деэмульгатора на основе местного сырья.....	137
А.А. Саидахмедов, А.С. Хасанов. Мис эритиш печлари чанглари таркибидан олтин ва кумушни ажратиш олиш усуллари тадқиқ қилиш.....	141
Ш.А. Бозорбоев, Н.О. Умирова, Б.И. Хатамкулов, К.С. Негматова, Ж.Н. Негматов. Разработка рецептур и исследование технико-эксплуатационных свойств поливинилхлоридных линолеумов с использованием тонкодисперсных волластонитовых наполнителей.....	145
4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов	
А.А. Юсупов, Б.К. Абдуллаев, Д.С. Фазилов, Ф.А. Абдукаримова. Порошковые материалы, используемые в газопламенных покрытиях.....	147
З.Э. Мусабеков, Ж.Р. Мирзаабдуллаев, Б.З. Эргашев, А.И. Янгибоев. Упрочнение, нанесение покрытий на валобразные детали в машиностроении и модификация материалов.....	150
А.О. Қобилов, У.С. Юсупов, О.Н. Усманкулов. Иккиламчи хом ашёлардан рангли ва қимматбаҳо металлари ажратиш олиш технологиясини ишлаб чиқиш.....	154
Ж.К. Мухамедов, С.М. Турабджанов, К.Г. Мухамедов, Н.К. Насирова. Применение флокулянтов серии «ФЭАП» для флокуляционной очистки сточных вод промышленных предприятий.....	157
Z.E. Musabekov, J.O. Hakimov, B.A. Ochilov, A.X. Muratov. Dvigatelining ekologik ko'rsatkichlarini hamda motor yoqilg'isini xazarli komponentlar yaxshilanishiga mexatron boshqaruv tizimini bog'liqligi.....	163
T. Umarov, M.Z. Turonov, S.B. Normatov. Mashina detallariga ishlov berishda qattiq qotishmali parmalardan foydalanishdagi ishlash samaradorligini ta'minlash.....	166
А.А. Фатхуллин. Наплавка сплавов для молотка-била углеразмольных мельниц с целью повышения устойчивости к ударно-абразивному износу.....	169
Б.Р. Шамансуров, Н.А. Игамкулова, Ш.Ш. Менглиев, С.Ф. Қосимов, О.О. Қодиров. Антиоксидант для турбинного масла на основе местного сырья.....	172
Л.А. Юсупова, С.Э. Нурманов, С.Ф. Қосимов, О.О. Қодиров, Ш.Ш. Валиева. Ацетилен асосида ингибиторлар ишлаб чиқариш.....	175
З.А. Икрамова, Н.Т. Алимходжаева, Г.Г. Сулайманова. Применение эффективных заменителей полевошпатовых материалов в керамической промышленности.....	178
А.М. Эминов, Ю.К. Жуманов, З.Р. Қодирова, З.Т. Хакимов, М.Ю. Юсуфжанов. Ўзбекистон дала шпати минераллари ва улардан саноатда фойдаланиш истикболлари.....	180