

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI**

**MASHINASOZLIK
ILMIY-TEXNIKA JURNALI**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATIONS REPUBLIC
OF UZBEKISTAN
ANDIJAN MACHINE-BUILDING INSTITUTE
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL
MACHINE BUILDING**

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi (OAK) Rayosatining 2021-yil 30-dekabrda 310/10-son qarori bilan Andijon mashinasozlik institutining “Mashinasozlik” ilmiy-texnika jurnali “TEXNIKA” va “IQTISODIYOT” fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to‘liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim mos tushmasligi mumkin. Ilmiy-texnika jurnalida yozilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolaning mualliflari mas‘uldirlar.

MASHINASOZLIK
ILMIY-TEXNIKA JURNALI

Bosh muharrir:

U.M.Turdialiyev – texnika fanlari doktori, k.i.x.

Mas’ul muharrir:

U.A.Madrahimov – iqtisodiyot fanlari doktori, professor.

T A H R I R H A Y ’ A T I

Negmatov Soyibjon Sodiqovich – texnika fanlari doktori, professor O‘ZRFA akademigi (TDTU);
Abralov Maxmud Abralovich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);
Dunyashin Nikolay Sergeevich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);
Norxudjayev Fayzulla Ramazanovich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);
Pirmatov Nurali Berdiyrovich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);
Salixanova Dilnoza Saidakbarovna – texnika fanlari doktori, professor (O‘ZRFA UNKI);
Siddikov Ilxomjon Xakimovich – texnika fanlari doktori, professor (TIQXMMI);
Fayzimatov Shuhrat Numanovich – texnika fanlari doktori, professor (FarPI);
Xakimov Ortiqali Sharipovich – texnika fanlari doktori, professor (Standartlashtirish, sertifikatlashtirish va texnik jihatdan tartibga solish ilmiy-tadqiqot instituti);
Xo‘jayev Ismatillo Qo‘shiyevich – texnika fanlari doktori, professor (Mexanika instituti);
Ipatov Oleg Sergeyevich – professor (Sankt-Peterburg politexnika universiteti, Rossiya);
Naumkin Nikolay Ivanovich - p.f.d., t.f.n., professor. (Mordov milliy tadqiqot davlat universiteti, Rossiya);
Aliyev Suxrob Rayimjonovich – fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent (AndMI);
Shen Zhili – professor (Shimoliy Xitoy texnologiyalar universiteti, Xitoy);
Hu Fuwen – professor (Shimoliy Xitoy texnologiyalar universiteti, Xitoy);
Won Cholyeon – professor (Janubiy Koreya Milliy tadqiqotlar fondi, Janubiy Koreya);
Celio Pina – professor (Setubal politexnika universiteti, Portugaliya);
Ricardo Baptista – professor (Setubal politexnika universiteti, Portugaliya);
Rui Vilela – professor (Setubal politexnika universiteti, Portugaliya);
Dmitriy Albertovich Konovalov - t.f.n., professor (Voronej davlat texnika universiteti);
Мухаметшин Вячеслав Шарифуллович – директор Института нефти и газа федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (филиал в г.Октябрьском), доктор геологоминералогических наук, профессор.
Nimchik Aleksey Grigorevich – kimyo fanlari doktori, professor (TDTU Olmaliq filiali)
Muftaydinov Qiyomiddin – iqtisodiyot fanlari doktori, professor (AndMI);
Zokirov Saidfozil – i.f.d., (Prognozlashtirish va makroiqtisodiy tadqiqotlar instituti);
Orazimbetova Gulistan Jaksilikovna - t.f.d., dotsent (AndMI)
Jo‘raxonov Muzaffar Eskanderovich – iqtisodiyot fanlari bo‘yicha falsafa doktori (AndMI);
Ermatov Akmaljon – iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent (AndMI);
Qosimov Karimjon – texnika fanlari doktori, professor (AndMI);
Yusupova Malikaxon – iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent (AndMI);
Akbarov Xatamjon Ulmasaliyevich – texnika fanlari nomzodi, dotsent (AndMI);
Mirzayev Otabek – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (AndMI);
Raxmonov O‘ktam Kamolovich – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (TDTU, Olmaliq filiali);
Xoshimov Xalimjon Xamidjanovich – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (AndMI).
Kuluyev Ruslan Raisovich - texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (TDTU).

Texnik muharrir:

B.Iminov – Andijon mashinasozlik instituti nashriyoti.

Tahririyat manzili: Andijon shahar, Bobur shox ko‘cha, 56-uy. **Tel:** +998 74-224-70-88 (1016)

Veb sayt: www.andmiedu.uz

e-mail: andmi.jurnal@mail.ru

“Mashinasozlik” ilmiy-texnika jurnali O‘zbekiston Respublikasi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligining 2020 yil 28- fevraldagi 04-53-raqamli guvohnomasiga binoan chop etiladi.

TRANSPORT	
Tractor trailer: a review of papers from the Scopus database published in English for the period of 2000-2022 <i>Baynazarov K.R.</i>	97
Shahar avtobus yo‘nalishlarida harakatlanuvchi tarkib sig‘imini tanlashning nazariy shartlari <i>Odilov N.E.</i>	109
Исследование вероятности выбора пассажиром вида транспорта на конкурентном транспортном рынке <i>Базаров Б.И., Эрназаров А. А.</i>	117
Применение международных требований в обеспечении безопасности колесных транспортных средств <i>Абдурахимов Б.Б.</i>	124
Способ восстановления деталей редуктора газотермическим напылением <i>Каршиев М., Полатов Б.Б.</i>	130
IQTISODIYOT	
Al Xorazmiyning matematik merosini rivojlantirgan ulug‘ allomalar <i>Xakimov S</i>	136

Мамарайим Каршиев
Государственный унитарный предприятия
«Фан ва тараққиёт» Ташкентский государственный
технический университет им. Ислама Каримова
Узбекистан, г. Ташкент, E-mail: vip.mrayim@mail.ru

Баходир Бахтиёрович Полатов
преподаватель кафедры “Автомобильной подготовки”
Академии МВД Республики Узбекистан
Узбекистан, г. Ташкент, E-mail: bahodr.polatov@gmail.com
+99897 4774588

СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРА ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

METHOD FOR RESTORING GEARBOX PARTS BY GAS THERMAL SPRAY

REDUKTOR DETALLARINI GAZ ALANGASI USULIDA TIKLASH

Аннотация: В статье предложен технология восстановления деталей редуктора вал-шестерня методом газопламенного напыления с одновременным оплавлением покрытия из высоколегированной сталей. В результате, эксплуатационных свойств покрытия увеличивается несколько раз по сравнению изготовленным деталей редуктора традиционным методом.

Ключевые слова: Газопламенное напыление, редуктор, вал-шестерня, твердость, износостойкость, интенсивный износ, коэффициент трения, углеродистый сталь, высоколегированный стал, металлические порошок.

Annotation: The work proposes a technology for restoring shaft-gear gearbox parts using the flame spraying method with simultaneous melting of the high-alloy steel coating. As a result, the operational properties of the coating increase several times when compared to gearbox parts manufactured using the traditional method.

Keywords: Flame spraying, gearbox, gear shaft, hardness, wear resistance, intense wear, friction coefficient, carbon steel, high-alloy steel, metal powder.

Annotatsiya: Ilmiy maqolada reduktorning yeyilgan val-shesternya detalari yuzasini gaz alangasi yordamida metall kukunlar qoplash usuli bilan ushbu detallarni qayta tiklash texnologiyasi taklif qilingan. Olingan ilmiy natijalar, ya'ni tiklangan val-shesternaning ekspluatatsion xususiyatlari an'anaviy usulda olingan val-shesternyaga nisbatan bir necha bor oshganligi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: Gaz alangasi yordamida qoplash, reduktor, val-shesternya, qattqlik, yeyilishga bardoshlilik, yeyilish intensivligi, ishqalanish koeffitsiyenti, uglerodli po'lat, yuqori legirlangan po'lat, metall kukunlari.

Введение

Газопламенное напыление относится к одному из самых доступных способов газотермического напыления. Данный вид покрытия предусматривает формирования капель небольшого размера расплавленного металла и их перемещение на поверхность, которая подлежит обработке. Там они удерживаются, создавая сплошное покрытие [1].

Применяя данный метод восстановления деталей, мы можем вернуть деталям их изначальный вид, а в ряде случаев даже значительно повысить их работоспособность. Этапы восстановления деталей в газопламенном напылении следующая:

- подготовка поверхности,
- процесс нанесения покрытия,
- дополнительная механическая обработка новой поверхности (точение, шлифовка и др.)

Методы

Определяющую роль в сцеплении порошка с основным металлом играет степень подготовки поверхности перед напылением. Для удаления следов износов применяется механическая обработка без применения охлаждающей жидкости на глубину 0,85-0,90 мм. Для деталей, не подверженных знакопеременным нагрузкам, окончательной операцией подготовки поверхности к напылению является нарезание «рваной резьбы». Для деталей, работающих при знакопеременных нагрузках, шероховатость поверхности перед напылением порошком создается струйной обработкой зерном абразива (корунда). Расход порошка электрокорунда на 1 дм² обрабатываемой поверхности составляет 1,4-1,6 кг. Одним из методов повышения прочности сцепления покрытия с основным металлом является применение подслоев или слоев сцепления с основанием. Наиболее перспективный материал для напыления подслоя – смесь алюминий-никель, содержащая 75...80% Ni и 20...25% Al. Перед нанесением покрытия поверхность нагревают до 1500⁰ С. При нанесении данной смеси протекает экзотермическая реакция, при которой частицы металла достигают высокой (свыше 1500⁰ С) температуры и свариваются или сплавляются с поверхностью детали. Глубина зоны сплавления незначительна и составляет менее 0,1 мм [2].

Данный метод достаточно простой как в применении, так при его освоении, он применяется как автоматическом, так и в ручном режиме.

Используя метод газопламенного напыления можно наносить износостойкие и коррозионностойкие покрытия из различных легированных и высоколегированных сплавов.

Данный способ обработки деталей широко применяем для восстановления геометрии деталей насосно-компрессионного и деталей зубчатых валов редукторного оборудования.

Газопламенное напыление достаточно проста в использовании, при этом стоимость оборудования и затраты на эксплуатацию-низкие, что способствует широкому применению данного метода на практике.

Газопламенное напыление осуществляется подачей порошкообразного вспомогательного материала в зону пламени с помощью транспортирующего газа рис.1. В данном случае порошок из бункера поступает в горелку, захватывается потоком транспортирующего газа и на выходе из сопла 1 попадает в пламя 2, где оплавляется и струей горящих газов направляется на напыляемую поверхность 3. Транспортировка порошка к поверхности детали с помощью газов, а не сжатого воздуха способствует уменьшению расплавленных частиц металла и тем самым оказывает положительное влияние на свойства напыленного слоя.

Газопламенное напыление позволяет получать нанесенные слои металла с заранее заданными свойствами, которые достигаются применением механических смесей (композиций) с различными химическим составом; используется ацетилено-кислородный или пропано-бутановый нагрев.

Газопламенное напыление - наиболее доступный из методов газотермического напыления.

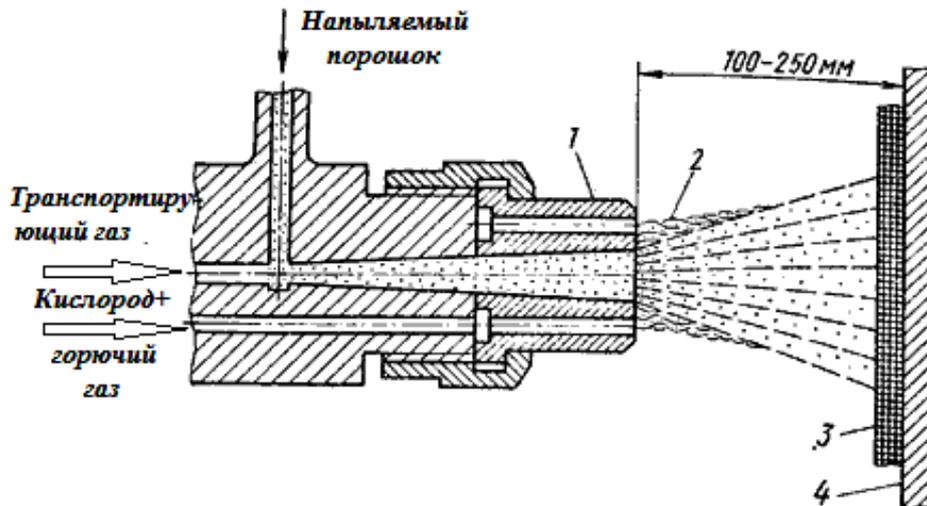


Рис.1. Схема процесса газопламенного напыления.

1-горелка; 2-пламя; 3- напыляемая поверхность; 4- напыляемой деталь

Металлический порошок подается в пламя ацетилен-кислородной или пропан-кислородной горелки, расплавляется и переносится сжатым воздухом на поверхность изделия, где, остывая, формирует покрытие. Распыленные металлические частицы, летящие со скоростью 120 м/с, попадают на подготовленную поверхность детали и формируют покрытие. При этом скорость газового потока составляет - 150-160 м/с. Порошок подают, как правило, вдоль оси факела в его внутреннюю часть под действием транспортирующего газа или собственного веса. Для восстановления деталей применяют 3 вида газопламенного напыления: без оплавления, с последующим оплавлением и с одновременным оплавлением-газопорошковой наплавкой.

Первый вид напыления - без оплавления - служит для восстановления деталей, не испытывающих деформации, температуру $>350^{\circ}\text{C}$ и знакопеременные нагрузки. Покрытия без оплавления наносят при восстановлении наружных и внутренних цилиндрических поверхностей подвижных и неподвижных соединений при невысоких требованиях к прочности соединения с основным материалом.

Второй вид напыления- последующее оплавление выполняют газокислородным пламенем, в индукторе или другим источником тепла для покрытий толщиной 0,5-1,3 мм.

Нанесенное покрытие оплавляют при восстановлении наружных и внутренних цилиндрических поверхностей подвижных и неподвижных соединений при повышенных требованиях к износостойкости и прочности соединения с основным материалом. Этот вид оплавления покрытий, полученных газопламенным напылением, применяют редко [3].

Газопламенное напыление с одновременным оплавлением покрытия используют для восстановления деталей из стали и чугуна при износе на сторону 1,3-1,8 мм и более. Метод прост в освоении и применении, может применяться как в ручном, так и в автоматизированном режиме.

В ГУП «Фан ва тараққиёт» ТГТУ имени Ислама Каримова освоена технология восстановления деталей редуктора вал-шестерня методом газопламенного напыления с одновременным оплавлением покрытия из высоколегированной сталей рис.2.



Рис.2. Вал-шестерня редуктора марки ЦУ-160. А-изношенный вал-шестерня из легированной стали ст.40X и Б-восстановленный из высоколегированной стали марки ПХ18Н9Т с термической обработкой-цементации.

Принцип работы и назначение вала-шестерни — это передача крутящего момента путем его вращения и зацепления зубчатых элементов с другим валом, так происходит передача момента вращения. В изготовлении используется углеродистая и легированная сталь. Вал-шестерни используются в работе при высоких оборотах и больших нагрузках. Единая конструкция детали при изготовлении дает возможность увеличить диаметр шестерни относительно вала более чем вдвое. Также монолитная конструкция вала шестерни дает ему надежность. Изготовление валов-шестерней – это трудоемкий и сложный процесс, в который входит множество операций по механической обработке. Сюда входят: токарная, фрезерная обработка, зубофрезеровка, зубодолбежка, зубонарезные работы, сверление, термическая обработка, шлифовка. Все операции должны быть выполнены в соответствии по всем технологическим нормам, ГОСТам, с высокой точностью, для того чтобы получить максимальную плавную и бесшумную работу зубчатых зацеплений. Это приводит к высокими стоимости деталей. Предлагаемый метод – восстановления изношенных деталей методом газопламенным напылением с одновременным оплавлением является очень прост и дешево [4].

Технологический процесс восстановления валов шестерня состоит из следующих операций: очистка поверхности изношенных валов-шестерня, абразивно-струйная обработка поверхности, газопламенного напыления с одновременным оплавлением покрытия подложки, напыления высоколегированных сталей, охлаждение, механическая обработка, цементация и контроль эксплуатационных свойств покрытия.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлена эксплуатационных свойств валов-шестерней полученным традиционным и методом газопламенного напыления с одновременным оплавлением.

**Результаты сравнения эксплуатационных свойств валов-шестерней
полученным традиционным и методом газопламенного напыления с
одновременным оплавлением.**

Таблица 1.

Показатели	Традиционный метод	Метод газопламенного напыления
Твердость, HRC	45	61-65
Интенсивной износ $J_0 \times 10^{-10}$ г/см ³	0,12-0,15	0,08-0,11
Коэффициент трение	0,014-0,016	0,009-0,01

Результаты сравнения эксплуатационных свойств валов-шестерней полученным традиционным и методом газопламенного напыления с одновременным оплавлением показал, что твердость увеличился 16-20 HRC интенсивной износ $J_0 \times 10^{-10}$ уменьшались на 0,4 г/см³, коэффициента трения уменьшалось в 2-2,3 раза по сравнению валов-шестерней полученным традиционным методом.

Один из возможности уменьшение коэффициента трения, это добавления небольшого количество различных наполнителей состав напыляемый материал. В работе использовали самые различные наполнителей такие, как оксида меди, закись меди, окись свинца, дисульфид молибдена графит и свинца. Из литературных источников выявлено, что применение таких наполнителей в небольшом количестве в состав напыляемого материала существенно повещают триботехнических свойств материала то ест снижают коэффициента трения, работав как сухой смазки при в пара трения [5].

Оксид меди (закись меди Cu_2O) – твёрдое вещество красно-бурого цвета, нерастворимое в воде и органических растворителях. Температура плавления 1235 С. При нагревании до 1800 С разлагается на металлическую медь и кислород. Применяют оксид меди для окрашивания стекла, эмалей.

Дисульфид молибдена (MoS_2) часто является компонентом смесей и композиционных материалов с низким коэффициентом трения. Такие материалы используются в критически важных компонентах, например, в авиационных двигателях. При добавлении пластмассе MoS_2 формирует композиционный материал с улучшенной прочностью и с уменьшением трения.

Оксид свинца – (PbO_2) вспомогательные вещества, которые вводятся в масляные краски для ускорения процесса высыхания.

Графит - искусственно производится конструкционный, мелкозернистый, антифрикционный и литейный графит применяется как добавки небольшой количестве служит для сухой смазки твёрдых смазочных материалов, в комбинированных жидких и пастообразных смазках. Очень низкая коэффициента трения.

Свинец (Pb) - мягкий, ковкий, химически инертный металл весьма стойкий к коррозии. Именно эти качества в основном обуславливают широчайшее его применение в народном хозяйстве. К тому же металл обладает довольно низкой температурой плавления и легко образует разнообразные сплавы. Очень низкая коэффициента трения [6].

В таблице 2 представлена влияние степени наполнителя на коэффициент трения в состав напыляемого материала ПХ18Н9Т при воздушно-сухом трении ($v = 1,0$ м/сек, $p_{уд} = 0,75$ мн/м²)

Таблица 2.

Влияние степени наполнителя на коэффициент трения в состав напыляемого материала ПХ18Н9Т при воздушно-сухом трении ($v = 1,0$ м/сек, $p_{\text{вд}} = 0,75$ мн/м²)

% наполнителей добавляемый на напыляемой материал ПХ18Н9Т	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Графит	0,148	0,149	0,152	0,156	0,160	0,162
Дисульфид молебден	0,126	0,130	0,134	0,140	0,148	0,153
Закись меди	0,132	0,128	0,132	0,132	0,134	0,138
Окись свинца	0,120	0,124	0,124	0,126	0,130	0,132
Свинец	0,12	0,08	0,07	0,06	0,10	0,12

Из таблица видно, что добавления небольшой количество свинца в приделах 1.5-2% существенно снижает коэффициента трения составляет 0,6-0,7. Если после напыления наплавлять эти композиции при температуре 1000 °С покрытия приобретает коэффициента трения ещё меньше значение.

Вывод

Таким образом, сравнения эксплуатационных свойств валов-шестерней полученным традиционным и методом газопламенного напыления с одновременным оплавлением показал, что твердость увеличился 16-20 HRC интенсивной износ $J_0 \times 10^{-10}$ уменьшались на 0,4 г/см³, коэффициента трения уменьшалось в 2-2,3 раза по сравнению валов-шестерней полученным традиционным методом, а также добавления небольшой количество свинца в приделах 1.5-2% существенно снижает коэффициента трения составляет 0,6-0,7. Если после напыления наплавлять эти композиции при температуре 1000 °С покрытия приобретает коэффициента трения ещё меньше значение.

Литература.

1. Лукьянчикова, Ю.А. Анализ материала и шестерни, применяемых в редукторе / Ю.А.Лукьянчикова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 51 (289). – С. 241-243.
2. Балдаев Л.Х., Буткевич М.Н., Панфилов Е.А., Пузряков А.Ф., Хамицев Б.Г. Перспективы применения газотермического напыления при ремонте и сервисе оборудования жилищно-коммунального хозяйства, текстильной и других отраслей промышленности // Технология машиностроения. 2006. № 6. С. 58–63.
3. Зайцев С.А. Испытания на изнашивание рабочих поверхностей лап культиваторов упроченных газопламенным напылением порошкового материала / Коломейченко А.В., Зайцев С.А.// Труды ГОСНИТИ. – Т. 117. 2014. – С. 204-207.
4. Крагельский И.В. Основы расчета на трение и износ / И.В.Крагельский, Н.Добычин, В.С.Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
5. Чичинадзе А.В. Основы трибологии / А.В.Чичинадзе, Э.Д.Браун, Н.А.Буше. – М.: Машиностроение, 2001. – 250 с.
6. Пенкин Н.С. Основы трибологии и триботехники: учеб. пособие / Н.С.Пенкин, А.Н.Пенкин, В.М.Сербин. - М.: Машиностроение, 2008.- 206 с.