Научная статья
УДК 621.431

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ НАНЕСЕНИЯ МЯГКИХ ПОКРЫТИЙ НА РАБОЧИЕ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВА

Александр Михайлович Михальченков, Галина Владимировна Орехова, Владимир Иванович Самусенко
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Повышение качества поверхностей трения неразрывно связано с таким методом как, финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО). Этот метод известен достаточно давно, а значит, отработан в широком диапазоне деталей различного назначения. Особое место ФАБО занимает в случае улучшения ряда показателей контактирующих поверхностей при поступательном перемещении по ним истирающих элементов. Прежде всего, в информационном пространстве и на практике рассматривались методы и устройства ФАБО для увеличения ресурса гильз цилиндров. В то же время, значимое критическое рассмотрение отсутствует, и поэтому отсутствуют обоснованные рекомендации по совершенствованию способа. В связи с этим, целью работы стало рассмотрение ряда вопросов, связанных с нанесением мягких покрытий на рабочие поверхности гильз цилиндров. Методической основой работы явились: накопленный опыт в области ФАБО; известные исследования; сравнительный анализ. Рассмотрены и проанализированы основные работы по созданию и совершенствованию методов и конструкций нанесения мягких покрытий на зеркало гильз цилиндров, обеспечивающие существенное повышение его качества и соответственно ресурса. На основании этого предложены условия, направленные на совершенствование известных методов, при соблюдении которых можно значительно повысить качество покрытий при снижении технологической и конструктивной сложности процесса.

Ключевые слова: ФАБО, качество поверхности, мягкие покрытия, гильзы цилиндров, способы натирания, критический анализ.

Для цитирования. Михальченков А.М., Орехова Г.В., Самусенко В.И. Некоторые вопросы нанесения мягких покрытий на рабочие поверхности гильз цилиндров для обеспечения их качества // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 69-73.

Original article

SOME ISSUES OF APPLYING SOFT COATINGS TO THE WORKING SURFACES OF CYLINDER LINERS TO ENSURE THEIR QUALITY

Alexandr M. Mikhal'chenkov, Galina V. Orekhova, Vladimir I. Samusenko
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstact. Improving the quality of friction surfaces is inextricably linked with such a method as finishing antifrictional non-abrasive treatment (FANAT). This method has been known for a long time, which means it has been worked out in a wide range of parts for various purposes. FANAT occupies a special place in the case of improvement the number of indicators contacting surfaces with the progressive movement of abrasive elements along them. First of all, in the information space and in practice, FANAT methods and devices were considered to increase the life of cylinder liners. At the same time, there is no significant critical consideration, and therefore there are no reasonable recommendations for improving the method. In this regard, the purpose of the work was to consider a number of issues related to the application of soft coatings on the working surfaces of cylinder liners. The methodical basis of the work was: accumulated experience in the field of FANAT; well-known researches; comparative analysis. The main works on the creation and improvement of methods and designs for applying soft coatings to the grain of cylinder liners, providing a significant increase in its quality and resource, are considered and analyzed. Based on this conditions have been proposed aimed at improving known methods, which,which it is possible to significantly improve the quality of coatings while reducing the technological and constructive complexity of the process.

Keywords: FANAT, surface quality, soft coatings, cylinder liners, friction methods, critical analysis.

For citation: A.M. Mikhal'chenkov, G.V. Orekhova, V.I. Samusenko. Some issues of applying soft coatings to the working surfaces of cylinder liners to ensure their quality. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 69-73 (In Russ.)

Введение. Многочисленные исследования в области повышения качества контактирующих поверхностей путем натирания на них мягких металлов и сплавов показали достаточно высокую эффективность данного метода в повышении триботехнических показателей трущихся деталей [1, 2]. К настоящему времени разработано достаточно большое количество способов, устройств и материалов, обеспечивающих получение покрытий с заданными заранее показателями. Особое место в этом случае занимает финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО), механизм и технологии которой подробно рассматривается в ряде исследований [3, 4]. В то же время, дальнейшее развитие и совершенствование технологий повышения антифрикционных свойств трущихся поверхностей требует проведения критического анализа существующих методик и способов получения соответствующих покрытий. При этом следует разработать общие рекомендации по повышению технологичности ФАБО и обеспечению высоких качественных показателей поверхностей с нанесенными антифрикционными пленками. Прежде всего, авторы сочли целесообразным обратить свое внимание на анализ устройств и способов для проведения

ФАБО гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, а так же на улучшение триботехнических показателей их рабочих поверхностей.

Цель исследования. Критическое рассмотрение сведений о фрикционном натирании мягких металлов и сплавов на рабочие поверхности гильз цилиндров и выработка общих рекомендаций по совершенствованию метода и улучшению качества поверхности.

Раскрытие цели. В работе [5] рассмотрен способ улучшения качества обработки гильз цилиндров, путем нанесения антифрикционных слоев достаточной толщины хорошо удерживающихся на их рабочей поверхности. В этом случае твердые фрикционные бруски, разравнивают антифрикционные и противозадирные вещества по зеркалу гильзы, образуя тонкий, прочно связанный с ней слой и способствуя заполнению рисок. Авторы [5] полагают, реализация технологии сопровождается нагревом гильзы, способствуя увеличению адгезии противозадирных элементов. Фрикционные бруски изготавливаются из: чугунов; металлокерамики с минеральными и волокнистыми наполнителями; полимерных композитов с дисперсными и волокнистыми наполнителями. Их твердость должна быть в 1,5 раза выше твердости антифрикционных брусков. Изготовление фрикционных брусков из чугунов, металлокерамики, полимеров, полимерных композитов, скорее всего, окажет отрицательное воздействие на полученное мягкое покрытие, которое будет выражаться в его удалении с рабочей поверхности гильзы из-за разности твердостей.

Для повышения качества рабочей поверхности гильзы цилиндров, в [6], предлагается формировать многослойное покрытие, исключающее нарушения его служебных свойств в период эксплуатации двигателя. Антифрикционными брусками на рабочую поверхность натирают, материал, который заполняет микровпадины, обеспечивая формирование антифрикционного покрытия (АП), содержащего мягкие металлы (например, меди). После этого наносят полимерное пленкообразующее вещество для закрепления АП на зеркале гильзы за счет образования водомаслостойкой полимерной пленки. Предлагаемая технология обеспечивает формирование на рабочей поверхности гильзы многослойного водомаслостойкого покрытия, обладающего улучшенными антифрикционными свойствами. К сожалению, авторы не раскрывают уровень влияния полимерной пленки на стойкость к изнашиванию покрытия при относительно высоких температурах рабочей детали, которые имеют место при работе двигателя внутреннего сгорания.

Задача повышения износостойкости гильз цилиндров решается применением финишной обработки внутренних поверхностей заготовок пневмовибродинамическим методом (ПВДМ) [7]. В этом случае перед проведением ПВДМ производят черновое и получистовое хонингование. Затем обработка внутренней поверхности гильзы осуществляют стальными шарами с получением шероховатости $Ra \leq 0,5$ мкм, средней глубины впадин $R_{vk} \leq 1$ мкм. Применение ПВДМ позволяет устранить задиры и другие дефекты поверхности детали и позволяет избежать операции чистового хонингования. В результате обработки по предлагаемому способу обеспечивается повышение износостойкости в 1,5-1,7 раза, при устранении задиров. Безусловно, наложение вибраций при натирании мягких пленок обеспечит повышенное качество покрытия. Однако чрезмерная сложность устройства и технологических операций не позволяет рекомендовать данный метод к широкому внедрению.

Согласно исследованиям [8] для обеспечения высокого качества поверхностей трения и снижения темпа их изнашивания перед применением финишной антифрикционной безабразивной обработки необходимо провести ряд операций: 1 - электрохимическое хонингование; 2 – упрочнение поверхностного слоя пластическим деформированием накатниками. При окончательной обработке антифрикционными брусками предложена технологическая смесь, %: хлорид меди – 0,625 – 2,5; ортофосфорная кислота – 0,125 – 0,5; формалин – 1,3 – 0,5; вода – остальное. Сложность технологического процесса снижает возможности метода при его реализации непосредственно в производственных условиях.

Повышение ресурса гильз цилиндров автотракторных двигателей может быть достигнуто применением разработанного в [9] приспособления для нанесения антифрикционного слоя на поверхность трения (рис. 1). Оно содержит: натирающий элемент 1 в форме цельного цилиндра с фасками по торцам; поршень 2; корпус 3, выполненный в виде цилиндра. На внутренней стороне корпуса с одного края имеется дно с отверстием под ступень поршня 2, с другого - внутренняя резьба на длину упора 5, выполненного с наружной резьбой и поперечной канавкой на торце с внешней стороны, а также пружина 4, находящаяся между поршнем 2 и упором 5.

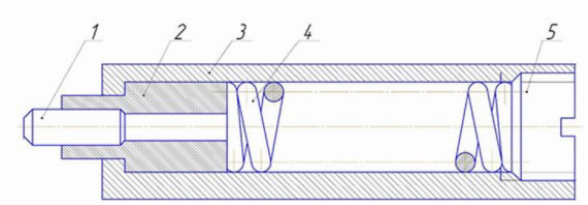
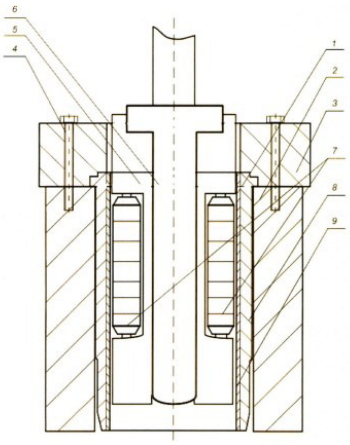


Рисунок 1 - Приспособление для проведения ФАБО гильз цилиндров

Предлагаемое приспособление обеспечивает постоянное усилие прижатия натирающего элемента, изготовленного из мягких металлов или сплавов, к поверхности гильзы цилиндров за один рабочий проход. Применение такого устройства в единственном экземпляре при натирании внутренних поверхностей вряд ли целесообразно. Особенно это важно при создании мягких покрытий на зеркале гильзы цилиндров вследствие «замазывания» торца натирающего элемента из-за наличия в структуре чугуна графита. Поэтому в этом случае следует использовать одновременно несколько натирающих головок, что позволит избежать снижения качества антифрикционного покрытия.

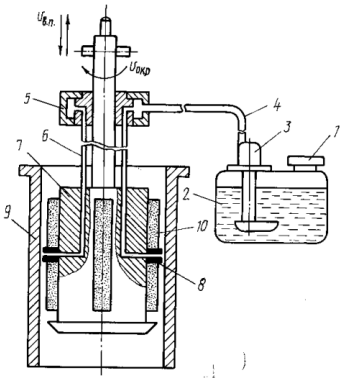
Положительные результаты по росту ресурса гильз цилиндров показал способ [10] заключающийся в нанесении антифрикционного покрытия методом натирания слоя латуни толщиной 0,02-0,03 мм. Натирание производится вращающимися и поступательно перемещающимися латунными роликами, установленными на оправке (рис. 2). Ролики смачиваются технологическим раствором, состоящим из смеси глицерина с хлоридами металлов. Существенным недостатком способа является чрезмерно большое количество операций: токарная обработка; закаливание рабочей поверхности токами высокой частоты; финишная обработка на хонинговальном станке; нанесение антифрикционного покрытия.



1 - гильза цилиндров; 2 - оправка; 3 - верхний фиксатор; 4 - болты; 5 - шпиндель;
6 - головка для латунирования; 7 - латунные ролики; 8 - чугунные стенки гильзы цилиндров;
9 - слой латуни

Рисунок 2 - Общий вид устройства для нанесения антифрикционного покрытия
на стенки гильзы цилиндров

Улучшить качество поверхности гильз цилиндров при проведении ФАБО, по мнению [11] можно произвести дозированной подачей технологической смеси в зону обработки через каналы и сопла в корпусе хонинговальной головки с антифрикционными брусками. Процесс нанесения покрытия осуществляется при возвратно-поступательном и вращательном перемещении головки. Устройство для реализации способа показано на рисунке 3. Недостатком такого приспособления и соответственно способа нанесения покрытия, несомненно, является сложность оборудования и применение технологической жидкости подаваемой в зону натирания под давлением. В этом случае будут нарушаться экологические нормативы. Кроме того большая площадь натирания приведет к быстрому «замазыванию» брусков. В связи с этим такой метод фактически не получил широкого распространения.



1 – заливная горловина; 2 – технологическая жидкость; 3 – электронасос; 4 – трубопровод; 5 – коллектор;
6 – трубопровод; 7 – корпус; 8 – сопло; 9 – гильза цилиндров; 10 – хонинговальные головки

Рисунок 3 – Схема реализации способа

Увеличение качества рабочей поверхности и производительности технологического процесса при нанесении антифрикционных покрытий на цилиндрические детали в работе [12] решается за счет специальной конструкции дорна, которая совмещает операции: резания; нанесения антифрикционных покрытий из мягких металлов; поверхностного пластического деформирования. По мнению разработчиков, применение пластического деформирования после проведения ФАБО позволит снизить шероховатость и заполнить пространства на поверхности гильзы не охваченные мягким металлом. Так как толщина натираемой пленки не превышает пяти микрон, вряд ли присутствие поверхностного пластического деформирования окажет значимое влияние на качество поверхности трения. Более того, не исключена возможность удаления уже полученного покрытия.

Устройство для фрикционно-механического нанесения покрытий, предложенное в [13], хотя и обеспечивает получение поверхности с высоким качеством нанесенного антифрикционного покрытия, отличается высокой сложностью конструкции, содержащей большое количество деталей и узлов. В связи с этим приспособление отличается низкой надежностью и не может быть рекомендовано к промышленному внедрению.

Применение изобретения [14] обеспечивает повышение противозадирных свойств зеркала цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Предлагаемый способ (рисунок 4) позволяет с помощью деформирующих элементов 2 уплотнять в микровпадинах поверхности антифрикционных материалов брусков 1 по мере их нанесения. Кроме того конструктивные элементы 2 обеспечивают деформирование покрытий, что приводит к изменению геометрии вершин микронеровностей. Соответственно их формоизменение уменьшает ширину впадин, создавая условия для защемления и удержания от «вырывания» и вымывания в них антифрикционных материалов бруска. Ранее отмечалось, что поверхностное пластическое деформирование по полученной ФАБО пленке не исключает получение отрицательного результата в виде удаления образованного покрытия. Аналогичная ситуация имеет место и в данном случае.

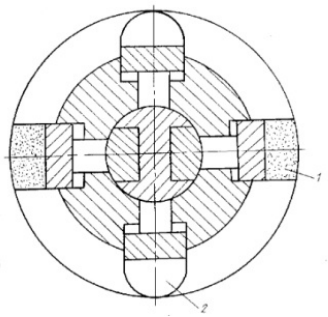


Рисунок 4 – Схема устройства для нанесения антифрикционного покрытия с последующим его деформированием

Повышения износостойкости внутренних цилиндрических поверхностей, работающих в условиях граничного трения согласно работе [15] может быть достигнуто следующим образом. Сначала на рабочую поверхность детали наносят среду (галлий), а инструмент из сплава меди дополнительно перемещают в плоскости, параллельной ее оси, под действием ультразвуковых колебаний частотой 14 - 16 кГц и амплитудой 30 - 45 мкм. При этом формирование основного фрикционного покрытия происходит при одновременном плавлении материала среды в зоне контакта и нанесения вместе со сплавом меди на обрабатываемую поверхность. В результате обеспечивается повышение износостойкости сопряжения, производительности процесса нанесения, адгезионной прочности наносимого покрытия. Реализация процесса будет отличаться чрезмерной дороговизной (галлий очень дорогой материал) и технологической сложностью (необходимость создание ультразвуковых колебаний заданной частоты и амплитуды), поэтому метод применим к конкретным уникальным изделиям.

Критическое рассмотрение существующих методов и устройств для проведения ФАБО позволил определить следующие существенные недостатки, являющиеся характерными. Первое – в большинстве случаев осуществление технологического процесса натирания не рационально в виду сложности технологий и устройств. Второе – использование натирающих головок с большими площадями контактирования нельзя считать приемлемым вследствие их быстрого «замазывания» графитовыми включениями. Третье – не редко в методах присутствуют операции различного функционального назначения (например, хонингование, поверхностное пластическое деформирование, применение поверхностно активных веществ и непосредственно натирание).

Заключение. При разработке новых методов получения антифрикционных покрытий из мягких металлов и совершенствования известных, рекомендуется соблюдать следующие условия:

1. Не высокая технологическая сложность процесса.

2. Использование одновременно нескольких натирающих головок с малой площадью контакта в системе «рабочая поверхность – натирающий материал».

3. Минимизировать количество операций резко отличающихся по своей функциональности.

Список источников

1. Королев А.В., Королев А.А., Бондарева А.С. Влияние режима нанесения антифрикционного покрытия на толщину покрытия поверхности детали // Упрочняющие технологии и покрытия. 2023. Т. 19, № 8 (224). С. 349-352.

2. Злотников И.И., Шаповалов В.М. Повышение антифрикционных свойств керамических покрытий, полученных методом МДО на алюминиевых сплавах // Трение и износ. 2019. Т. 40, № 5. С. 468-472.

3. Гаркунов Д.Н. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) поверхностей трения деталей // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2009. № 7. С. 12-14.

4. Ипатов А.Г., Шмыков С.Н. Синтез антифрикционных покрытий методом ФАБО // Технический сервис машин. 2021. № 1 (142). С. 140-147.

5. Способ придания поверхности металлов противозадирных свойств: пат. 1181852 Рос. Федерация: А2 / Сафронов В.Г., Львов В.Н., Кошелев А.Г.; опубл. 30.09.1985.

6. Способ финишной обработки гильз цилиндров двигателей: пат. 1313654 Рос. Федерация: А1 / Чеповецкий И.Х., Павлиский В.М, Ющенко С.А.; опубл. 30.05.1987.

7. Способ нанесения антифрикционного покрытия при поверхностном пластическом деформировании внутренних цилиндрических поверхностей: пат. 2185270 Рос. Федерация: С2 / Сорокин В.М., Тудакова Н.М., Берглезов В.В., Антропов С.П.; опубл. 20.07.2002.

8. Способ обработки гильз цилиндров с накатыванием поверхности перед финишной антифрикционной безабразивной обработкой (ФАБО): пат. 2110391 Рос. Федерация: С1 / Карпенков В.Ф; опубл. 10.05.1998.

9. Приспособление для финишной безабразивной антифрикционной обработки гильз цилиндров автомобилей и тракторов: пат. 2782487 Рос. Федерация: С1 / Артамонов Е.И., Котов Д.Н., Артамонова О.А., Шарымов О.В., Дикуша И.А.; опубл. 28.10.2022.

10. Способ обработки гильзы блока цилиндров с созданием антифрикционного покрытия: пат. 2570683 Рос. Федерация: С2 / Якубович И.А., Якубович А.Н., Кулаков А.Т., Малаховецкий А.А., Макушин А.А., Малаховецкая А.Н., Лужбин Д.С.; опубл. 10.12.2015.

11. Способ нанесения антифрикционного покрытия при антифрикционной безабразивной обработке гильз цилиндров: пат. 2064975 Рос. Федерация: С1 / Паршин И.П., Стрельцов В.В., Носихин П.И., Байкалов В.Н.; опубл. 10.08.1996.

12. Комбинированный инструмент для обработки внутренних цилиндрических поверхностей: пат. 12807 Рос. Федерация: U1 / Тудакова Н.М., Сорокин В.М.; опубл. 02.10.2000.

13. Устройство для фрикционно-механического нанесения покрытий: пат. 2061792 Рос. Федерация: С1 / Пронин Г.М. Колчаев А.М. Меньшиков М.В. Евсеев А.Г. Демиденков С.А.; опубл. 10.06.1996.

14. Способ финишной обработки гильз и цилиндров двигателей: пат. 1329949 Рос. Федерация: А1 / Чеповецкий И.Х., Павлиский В.М., Ющенко С.А., Стрижаков В.Л., Карпович Н.С., Огородник В.В.; опубл. 15.08.1987.

15. Способ фрикционно-механического нанесения антифрикционного покрытия: пат. 2157860 Рос. Федерация: С2 / Колчаев А.М., Трунин Е.Б.; опубл. 20.10.2000.

Информация об авторах:

А.М. Михальченков – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

Г.В. Орехова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

В.И. Самусенко – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

A.M. Mikhal'chenkov - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service, Bryansk State Agrarian University mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

G.V. Orekhova - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University

V.I. Samusenko - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 26.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 26.10.2023; approved after rewiewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Михальченков А.М., Орехова Г.В., Самусенко В.И.