

ПРИМЕНЕНИЕ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СОСТАВОВ**Ломанова В.С., Можин Н.А., Тувин А.А.**

Ломанова Виктория Сергеевна, Можин Николай Афанасьевич, Тувин Александр Алексеевич
Ивановский государственный политехнический университет,
г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21.
E-mail: tuvin@ivgpu.com

Статья посвящена восстановлению работоспособности узлов трения машин и механизмов с помощью ремонтно-восстановительных составов и обоснованию физических процессов, протекающих при этом методе. Затраты на ремонт машин и механизмов в промышленности развитых стран достигают 4-5 % национального дохода, в России – до 10%. В процессе многолетних исследований и апробирования РВС-технологий применительно к подшипникам установлено, что обработки подшипников ремонтно-восстановительными составами целесообразны на всех стадиях жизненного цикла машин и агрегатов. При этом устраняются шумы и вибрации, увеличивается межремонтный период, обеспечивается энергоресурсосберегающая эксплуатация машин и агрегатов, достигается существенная экономия затрат на ремонт и эксплуатацию.

Ключевые слова: трение, избирательный перенос, узел трения, машина, механизм, ремонтно-восстановительный состав.

APPLICATION OF REPAIR AND RESTORATION COMPOUNDS**Lomanova V.S., Mozhin N.A., Tuvin A.A.**

Lomanova Victoria Sergeevna, Mozhin Nikolay Afanasevich, Tuvin Alexander Alekseevich
Ivanovo State Polytechnic University,
Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 21.
E-mail: tuvin@ivgpu.com

The article is devoted to the restoration of the operability of friction units of machines and mechanisms with the help of repair and restoration compositions and the substantiation of the physical processes occurring with this method. The costs of repairing machines and mechanisms in the industry of developed countries reach 4-5% of the national income, in Russia - up to 10%.

In the course of many years of research and testing of RVS technologies as applied to rolling bearings, it has been established that the treatment of bearings with repair and restoration compositions is expedient at all stages of the life cycle of machines and units. At the same time, noise and vibration are eliminated, the overhaul period is increased, energy-saving operation of machines and units is ensured, and significant savings in repair and operation costs are achieved.

Keywords: friction, selective transfer, friction unit, machine, mechanism, repair and restoration composition.

Трение долгое время воспринималось как явление, приводящее к большим материальным потерям в экономике всего мира. Известно, что больше половины топлива, потребляемого автомобилями, тракторами, тепловозами и другими видами транспорта, расходуется на преодоление сопротивления, создаваемого трением в трущихся соединениях.

Низкие коэффициенты полезного действия большинства устройств обусловлены, главным образом, потерями на трение. Повышению долговечности рабочих органов машин и механизмов уделяется большое внимание [1-6].

Многие непонятные для своего времени явления с развитием нанонауки получили

научное обоснование и дальнейшее практическое развитие.

Выявилась возможность работы при более совершенной системе, чем трение при граничной смазке.

Совместное использование теоретических положений и практических достижений нанотехнологии позволяет объяснить многие протекающие при таком трении процессы и использовать его не как разрушительное явление природы, а как самоорганизующийся созидательный процесс, в том числе для безразборного восстановления агрегатов и узлов техники в процессе их непрерывной эксплуатации [7-9].

Технология восстановления узлов трения с помощью специальных ремонтно-восстановительных составов (РВС) представляет собой последовательность технологических операций, результатом которых является образование на поверхностях трения деталей машин и механизмов высокопрочного защитного слоя, компенсирующего износ механизма. РВС представляет собой мелкодисперсный порошок из многокомпонентной смеси природных минералов, химически активных чистящих веществ, инициаторов и катализаторов [10-13].

В основу технологии безразборного восстановительного ремонта и профилактики износа узлов трения положен принцип создания на кристаллической решётке металлов, подверженных износу поверхностей деталей машин и механизмов упрочненного износостойкого слоя с низким коэффициентом трения, процессом формирования которого можно управлять. В физике такое новообразование с заданными характеристиками называется интеллектуальным поверхностным изоморфом (ИПИ). Практическая реализация данного принципа основана на разработке, изготовлении и внедрении ремонтно-восстановительных составов по созданию интеллектуального поверхностного изоморфа.

Отличительные свойства поверхностного изоморфа (ИПИ слоя), определяющие эффективность технологии следующие: повышенная твердость до 70 HRC, минимальный коэффициент трения скольжения - 0,02-0,07, повышенная износостойкость, хорошее удержание масляного клина.

РВС – специальная подборка мелкодисперсных порошков минералов на основе

серпентинитов, которая подается в смесях с маслами, смазками и другими носителями в зону трения и действует в качестве катализатора интенсификации микрометаллургических процессов на поверхностях трения, в ходе которых и образуется поверхностный изоморф с заданными свойствами.

Анализ истории развития РВС-ИПИ технологии и получаемых в последнее время результатов, в том числе в энергетике, позволяет сделать вывод о том, что профессиональное, комплексное внедрение технологии безразборного восстановительного ремонта и профилактики износа узлов трения позволит предприятиям отраслей промышленности перейти на более высокий уровень обеспечения безаварийной энергоресурсосберегающей эксплуатации техники: повысить энергоэффективность производств на 5-10 %, экономить электроэнергию, топливо, масла, увеличить ресурс техники в 2 раза и более, уменьшить затраты на ремонты до 50 % и более, снизить аварийность производств, освоить выпуск продукции с более высокими технико-экономическими показателями.

ИПИ слой, формируемый с применением серпентинов высокой степени очистки, сохраняет свои свойства до 3-х лет и более.

Общая стратегия восстановительного ремонта объекта (узла трения) предусматривает следующую примерную последовательность операций: диагностика, определение степени износа и состояния объекта, формирование плана ремонта (профилактики) и дозирования РВС → первичная обработка РВС-ИПИ составом → обкатка при малых или штатных нагрузках → диагностика, определение результата → штатная эксплуатация или вторичная обработка → диагностика, последующие обработки до достижения стабильного результата восстановления объекта → штатная эксплуатация с периодической диагностикой или контролем износа по косвенным признакам.

Самые массовые узлы трения - это подшипники качения, выпуск которых превышает миллиард штук. Имеются сотни вариантов подшипников качения - открытые и герметизированные, шариковые и роликовые, радиальные и упорные. На работу подшипников существенно влияют конструкция (цилиндрический, конический и др.) и материал ролика и сепаратора. Узлы трения (уплотнения, передачи, тормоза, резьбовые соединения и т.п.) со-

ставляя, как правило, не более 10 % от массы машины, в 90 % являются причиной ее отказа. Прогнозировать отказ только при помощи расчетных методов для этих узлов, как правило, не представляется возможным.

Многие узлы трения и рабочие органы машин изнашиваются в результате трения о свободный абразив в присутствии коррозионно-активных сред. В результате окислительно-восстановительных реакций и трибохимических процессов на поверхностях трения происходит выделение водорода, часть которого диффундирует в сталь. Узлы трения механизмов и машин с точки зрения экологии работают в более благоприятных условиях при использовании новых конструктивных решений, новых технологий и материалов. За счет применения более совершенных конструкций узлов трения, новых триботехнологий и новых триботехнических материалов, включая смазочные, сокращаются потери на трение и повышается износостойкость трущихся тел. Это приводит к снижению расхода энергии, увеличению срока службы узлов трения, уменьшению числа ремонтных работ, увеличению надежности работы машин, в том числе к сокращению расходов на дополнительное обслуживание.

РВС-ИПИ составы могут поставляться в виде: порошка, готовых гелей, жидких или консистентных смазок, в смесях с аэрозолями (в баллонах). Производственным предприятиям целесообразно применять и заказывать готовые смеси РВС-ИПИ в универсальных или штатных маслах и смазках. Носителями РВС-ИПИ состава могут быть также керосин, бензин, спирт, газ, вода.

Дозировка РВС-ИПИ, как правило, составляет 0,05-0,2 г порошка на литр жидкой смазки (рабочего тела) и 0,2-0,5 г порошка на 100 г консистентной смазки. Для конкретных агрегатов дозировка может быть уменьшена или увеличена.

Рассмотрим процесс образования модифицированного слоя на поверхностях пар трения. В соответствии с технологией ремонтно-восстановительные составы добавляются в носитель, в данном случае - масло, причем не новое, а уже имеющее в своем составе продукты трения. Если условно разделить протекающие процессы на этапы, то можно представить себе картину следующим образом. За счет высоких абразивных свойств РВС в местах кон-

такта происходит суперфинишная обработка поверхностей трения - очистка нагаров, оксидов, деструктурированного масла. В местах локального контакта в микрообъемах возникают высокие температуры (до 1000°С и более), что приводит к инициации микрометаллургических процессов - микросхватывания, микросваривания и шаржирования. В результате происходит "приплавление" частиц РВС к кристаллической решетке поверхностного слоя стали. Практически одновременно с этим происходит нагартовка несработанных частиц РВС, частиц металла и других продуктов трения в углубления микрорельефа. Элементы РВС работают как катализаторы, постольку в местах нагартовки создаются условия для активного протекания окислительно-восстановительных процессов. В результате этих реакций происходит образование модифицированного слоя. В пограничной области происходит образование новых кристаллов, наращенных на кристаллической решетке металла. В дальнейшем эти кристаллы ориентируются вдоль поля и срастаются, образуя на всей поверхности пятна контакта непрерывный ряд твердых растворов. Все вышеуказанные процессы имеют место до тех пор, пока в носителе не иссякнет добавленный строительный материал РВС или пока в системе не наступит равновесие: все зазоры будут выбраны до оптимальной величины, определяемой термодинамическими процессами, протекающими в каждой точке локального контакта данной системы. В конечном счете, оптимизация зазоров в местах контакта определяется конструктивными особенностями самой системы и всего агрегата в целом.

Теперь в местах контакта вместо трения металл-металл будет металл-модифицированный слой, а эта пара имеет существенно меньший коэффициент трения и большую износостойчивость.

Применение РВС обеспечивает следующие результаты:

- 1) коэффициент линейного термического расширения - 13,6-14,2;
- 2) очень низкий коэффициент трения - около 0,007;
- 3) микротвердость поверхностей – 690-710 НВ;
- 4) ударная прочность - 50 кг/мм²;
- 5) высокая коррозионная стойкость;
- 6) повышенная износостойкость.

Необходимо добавить, что при трении деталей, покрытых модифицированным слоем, значительно снижаются требования к качеству применяемых масел. Масло уже не должно выполнять функцию эффективного третьего

тела, а лишь функцию теплоотвода, аналогично тосолу.

Эффективность применения РВС – ИПИ технологий в различных отраслях отражена в табл. 1.

Таблица 1

Применение РВС-ИПИ технологий по отраслям
Table 1. Application of RVS-IPi technologies by industry

№	Объекты безразборного восстановительного ремонта и профилактики износа	Эффективность
1	Металлорежущие станки. Ремонтируются и восстанавливаются: гидросистемы, шпиндели, редукторы, приводы (электродвигатели), шаровые пары, подшипники всех типов.	Компенсация износа до 0,1-0,2 мм, устранение биения шпинделя, экономия электроэнергии – 5-10 %, экономия затрат на запасные части и ремонты до 50 %.
2	Шлифовальное оборудование. Ремонтируются и восстанавливаются: гидросистемы, шпиндели, редукторы, приводы (электродвигатели), шаровые пары, подшипники всех типов.	Уменьшение времени накачки ресивера, экономия электроэнергии до 15 %, увеличение межремонтного периода, экономия масел.
3	Компрессоры. Ремонтируются и восстанавливаются: кривошипно-шатунные механизмы, подшипники, насосы высокого и низкого давления, цилиндропоршневые группы.	Экономия затрат на запасные части и ремонты, экономия топлива до 20% и масел до 50%.
4	Транспорт. Ремонтируются и восстанавливаются: ДВС, в том числе дизели, ТНВД, КПП, мосты, ходовая часть и тяговые редукторы, подшипники всех типов.	Экономия электроэнергии до 20% и более, увеличение ресурса и межремонтного периода, экономия масел.
5	Насосы и вентиляторы. Ремонтируются и восстанавливаются: подшипники, редукторы, приводы (электродвигатели).	

Таким образом, мы предлагаем технологию, позволяющую провести полный капитальный ремонт изношенного механизма с последующей обкаткой, со значительным увеличением его эксплуатационного ресурса, повышением мощности и КПД, причем дешевле и технологически проще обычного ремонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С. Триботехника. М.: КНОРУС, 2011. 408 с.
2. Яцура А. Система технического обслуживания и ремонта оборудования химической промышленности. Изд-во: Энас, 2012. 448 с.
3. Колобов М.Ю., Сахарова С.Г., Сахаров С.Е. Измельчитель сыпучих материалов. *Ремонт. Восстановление. Модернизация*. 2017. № 1. С. 9-12.
4. Шиловский В.Н., Питухин А.В., Костюкевич В.М. Сервисное обслуживание и ремонт машин и оборудования. Изд-во: Лань, 2019. 240 с.

5. Колобов М.Ю., Чагин О.В., Блиничев В.Н. Повышение долговечности рабочих органов центробежно-ударных измельчителей. *Российский химический журнал*. 2019. Т. 63. № 3-4. С. 40-44. DOI: 10.6060/rj.2019633.5

6. Казиев Ш.М., Хохлов П.И., Ильин П.А. Технология ремонта машин. Восстановление изношенных деталей. СПб. Изд-во: Проспект Науки. 2020. 112 с.

7. Лялякин В.П., Соловьев Р.Ю., Ольховацкий А.К., Гительман Д.А. Повышение послеремонтной безотказности безотказности ДВС и трансмиссий тракторов применением наноматериалов. *Труды ГОСНИТИ*. 2013. Т. 113. С. 90-98.

8. Соловьев Р.Ю., Шарифуллин С.Н., Ольховацкий А.К., Ломухин В.Б., Дунаев А.В., Гительман Д.А. Безыносная эксплуатация двигателя внутреннего сгорания. М.: ГОСНИТИ, 2015. 262 с.

9. Ломанов Н.О., Можин Н.А., Тувин А.А. Безразборное восстановление узлов трения ткацких станков. Сб. матер-в Всероссийской молодежной н.-техн. конф. "Молодые учёные – развитию Наци-

ональной технологической инициативы" (ПОИСК - 2019). Иваново, 2019. Ч. 2. С. 87-89.

10. Балабанов В.И., Еремин В.А. Препараты для безразборного восстановления деталей. *Вестник МГАУ*. 2003. № 1. С. 135-138.

11. Черноиванов В.И., Бледных В.В., Косилов А.Н., Басарыгина Е.М. Индустрия наносистем и материалов: перспективы использования в сельском хозяйстве. М.-Челябинск, 2007. 240 с.

12. Телух Д.М., Кузьмин В.П., Усачев В.В. Введение в проблему использования природных слоистых гидросиликатов в трибосопряжениях. *Интернет-журнал «Трение, износ, смазка»*. 2009. № 3.

13. Дунаев А.В., Зуев В.В., Васильков Д.В., Лавров Ю.Г., Павлов О.Г., Пустовой И.Ф., Сокол С.А. Гипотезы механизмов действия ремонтно-восстановительных серпентиновых трибопрепаратов. *Нанотехника*. 2012. № 4. С. 58-63.

REFERENECES

1. Garkunov D.N., Melnikov E.L., Gavrilyuk V.S. Tribotechnics. M.: KNORUS, 2011. 408 p.

2. Yashchura A. System of maintenance and repair of chemical industry equipment. Publishing house: Enas, 2012. 448 p.

3. Kolobov M.Yu., Sakharova S.G., Sakharov S.E. Shredder of bulk materials. Repairs. Recovery. Modernization. 2017. N. 1. P. 9-12.

4. Shilovsky V.N., Pitukhin A.V., Kostyukovich V.M. Service and repair of machinery and equipment. Publishing house: Lan, 2019. 240 p.

5. Kolobov M.Yu., Chagin O.V., Blinichev V.N. Increasing the durability of the working bodies of centrifugal impact grinders. *Russian chemical journal*.

2019.Vol. 63.N. 3-4. P. 40-44. Doi: 10.6060 / rcj.2019633.5

6. Kaziev Sh.M., Khokhlov P.I., Pyin P.A. Machine repair technology. Restoration of worn out parts. SPb. Publishing house: Prospect of Science. 2020. 112 p.

7. Lyalakin V.P., Soloviev R.Yu., Olkhovatsky A.K., Gitelman D.A. Improving the post-repair reliability of the ICE and tractor transmissions by using nanomaterials. Proceedings of GOSNTI. 2013. Vol. 113. P. 90-98.

8. Soloviev R.Yu., Sharifullin S.N., Olkhovatsky A.K., Lomukhin V.B., Dunaev A.V., Gitelman D.A. Wear-free operation of the internal combustion engine. Moscow: GOSNITI, 2015. 262 p.

9. Lomanov N.O., Mozhin N.A., Tuvin A.A. CIP restoration of friction units of weaving machines. Sat. mater in the All-Russian Youth Science and Technology. conf. "Young Scientists for the Development of the National Technology Initiative" (SEARCH - 2019). Ivanovo, 2019. P. 2. P. 87-89.

10. Balabanov V.I., Eremin V.A. Preparations for CIP recovery of parts. Bulletin of Moscow State Agrarian University. 2003. No. 1. P. 135-138.

11. Chernoiivanov V.I., Blednykh V.V., Kosilov A.N., Basarygina E.M. Industry of nanosystems and materials: prospects for use in agriculture. M.-Chelyabinsk, 2007. 240 p.

12. Telukh D.M., Kuzmin V.P., Usachev V.V. Introduction to the problem of using natural layered hydrosilicates in tribo-conjugations. Online magazine "Friction, Wear, Lubrication". 2009. N. 3.

13. Dunaev A.V., Zuev V.V., Vasilkov D.V., Lavrov Yu.G., Pavlov O.G., Pustovoy I.F., Sokol S.A. Hypotheses of the mechanisms of action of repair and recovery serpentine tribo-preparations. *Nanotechnology*. 2012. N. 4. P. 58-63.