

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРИБОПОКРЫТИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ СХВАТЫВАНИЯ И ЗАЕДАНИЯ ТРУЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Корнеев А.А., Голубев А.П.*

**Ключевые слова:** трибопокрытия, инженерия поверхности, трибосопряжение, металлоплакирующие технологии, прирабатываемость, антифрикционные свойства.

**Аннотация.** Трибосопряжения современного оборудования работают при больших скоростях скольжения и удельных нагрузках. При таких условиях, а также недостаточном количестве смазочного материала нередко происходит схватывание и заедание трущихся поверхностей.

Задиростойкость зависит от множества факторов. Существующие методы обработки поверхности позволяют формировать поверхностный слой с необходимыми нам свойствами. Однако наибольший эффект достигается путем создания трибопокрытий на поверхностях трения.

Такие металлоплакирующие технологии позволяют создать условия для наиболее легкого перехода от геометрического состояния поверхности трения и физического состояния металла в поверхностных слоях к состоянию поверхностей и поверхностных слоев при установившемся режиме работы.

Одним из простых и эффективных методов металлоплакирования является финишная антифрикционная безабразивная обработка. Для создания данным методом противозадирного покрытия с хорошей прирабатываемостью и высокими антифрикционными свойствами предлагается использовать специальную оснастку, состоящую из пластичного металла с антифрикционным наполнителем и поверхностно-активным веществом. Рассмотрен механизм формирования такого покрытия на поверхности трения. Представлены режимы и приспособление для нанесения такого покрытия. Экспериментально доказано, что после такой обработки трибосопряжения происходит уменьшение коэффициента трения, снижение времени приработки поверхностей и повышение несущей способности сопряжения до образования задиров.

## USE OF TRIBO COATINGS TO REDUCE THE RISK OF SETTING AND STICKING OF RUBBING SURFACES

*Korneev A.A., Golubev A.P.*

**Keywords:** tribo coatings, surface engineering, tribo-tension, metal-plating technologies, workability, antifriction properties.

**Abstract.** Units of modern equipment work at high sliding speeds and specific loads. Under such conditions, and an insufficient amount of lubricant often occurs the adhesion and sticking of the friction surfaces.

Bullying depends on many factors. Existing methods of surface treatment allow us to form a surface layer with the properties we need. However, the greatest effect is achieved by creating tribo coatings on friction surfaces.

Such metal-plating technologies allow to create conditions for the easiest transition from the geometric state of the friction surface and the physical state of the metal in the surface layers to the state of the surfaces and surface layers under steady-state operation.

One of the simple and effective methods of metal plating is finishing antifriction abrasive-free treatment. To create this method of extreme pressure coating with good workability and high antifriction properties, it is proposed to use a special tooling consisting of a plastic metal with an antifriction filler and a surfactant. The mechanism of formation of such a coating on the friction surface is considered. The modes and the device for applying such a coating are presented. It was

experimentally proved that after such processing units is a reduction of the coefficient of friction, reducing the running time of surfaces and increasing the carrying capacity of conjugation before the formation of burrs.

При эксплуатации технологического оборудования в высоконагруженных узлах трения может возникать такой процесс как схватывание или заедание. Причины возникновения его различны, но, как правило, это происходит при недостаточной смазке, больших давлениях и повышенной температуре в трибосопряжении.

Для повышения задиростойкости поверхности при экстремальных режимах работы узла трения на его поверхность заранее наносят различные мягкие и антифрикционные покрытия.

Существуют различные методы инженерии поверхности, среди которых особо интересны покрытия, нанесенные в процессе трения (трибопокрытия). Их можно наносить: при наличии и при отсутствии смазочного материала; из смазывающей среды, содержащей специальные присадки; из материала одной из деталей пары трения при воздействии смазочного материала; при одновременном воздействии особых факторов, таких, как температура, электрический ток, протекающий через трибонагруженную пару трения, с учетом воздействия электрических и магнитных полей в этом процессе.

Одним из простых и эффективных методов формирования противозадирных покрытий является финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) [1]. Она достигается путем взаимодействия технологической среды с поверхностью детали и последующей ее активацией (в основном трением). Исследования показали, что ФАБО позволяет не только исключить задиры на поверхности трения, но и снизить время приработки деталей и повысить несущую способность сочленений.

Существуют несколько разновидностей метода ФАБО: фрикционно-механический, фрикционно-химический и фрикционно-электрохимический [2]. Все они имеют как достоинства, так и недостатки. В частности небольшая толщина покрытия (около 1 мкм), наносимого фрикционно-химическим способом не позволяет узлу трения работать в особо тяжелых условиях (отсутствие смазочного материала, высокие удельные давления). При фрикционно-механическом и фрикционно-электрохимическом способах образуется более толстое покрытие (5 мкм и более), что позволяет ему эффективно работать фактически в любых условиях. Однако покрытие, нанесенное данным способом, не обладает высокими антифрикционными свойствами.

Для повышения антифрикционных свойств противозадирного покрытия было принято решение ввести в его состав ультрадисперсный порошок графита. Однако, ведение его непосредственно в технологическую среду, не принесло желаемого эффекта. Вероятно, это связано с тем, что графит не дает сформироваться покрытию.

Поэтому было решено использовать омедненный графитовый порошок. Химическое осаждение меди на порошок графита проводилось по известной

методике [1], и состояло из подготовки поверхности, ее активации, химическом осаждении меди, промывке, фильтрации и сушки.

Далее изготавливался рабочий инструмент, состоящий из полого медного стержня, в центр которого помещался полученный омедненный порошок графита и поверхностно-активные вещества (синтетические жирные кислоты).

Исходя из основных положений молекулярно-механической теории трения, процесс фрикционного нанесения покрытия можно разделить на следующие три стадии [3]:

- очистка обрабатываемой поверхности;
- образование покрытия;
- установившееся трение.

Инструмент, перемещаясь по поверхности детали, образует ювенильную поверхность, на которую переносится медь. Синтетические жирные кислоты, являясь поверхностно-активными веществами, пластифицируют медную пленку, помогая внедриться в нее частицам омедненного графита. Динамика роста пленки в основном зависит от материала детали и нагрузки рабочего инструмента. Дело в том, что здесь одновременно идут два конкурирующие между собой процесса – образование покрытия и его разрушение. Инструмент формирует покрытие и сдвигает его. Первоначально превалирует процесс образования покрытия, а потом он уравнивается процессом его разрушения.

Данным способом можно наносить покрытие, как на плоские поверхности, так и на тела вращения. Для реализации данного способа была изготовлена соответствующая оснастка. Режимы нанесения покрытия: удельная нагрузка 50-80 МПа; скорость скольжения – 0,1-0,2 м/с; перемещение инструмента по поверхности детали – 0,1-0,2 мм/об; число проходов 2-3.

Полученное покрытие испытывалось на триботехническом комплексе ТК-1 по ГОСТ 23216-84. Для определения задиростойкости проводилось ступенчатое нагружение образцов из стали 45 с покрытием и без него. Смазка проводилась разовая в начале испытания маслом И-10А.

На образцах без покрытия при удельной нагрузке 20 МПа произошел задиры на трущихся поверхностях и испытания были прекращены. Образцы с покрытием выдержали нагрузки до 25 МПа без разрушения.

Испытание на износостойкость подверглись пары трения сталь 45 – сталь 45 без покрытия и с покрытием при скорости скольжения 2 м/с и удельной нагрузке 7,5 МПа.

Согласно методике было проведено пять испытаний каждой пары.

По результатам проведенных испытаний можно сделать следующие выводы.

1 Уменьшение коэффициента трения в 1,5 раза (при граничном режиме трения).

2. Продление времени работы узла трения с покрытием при отсутствии смазки.

3 Снижение времени приработки поверхностей трения до 3 раз.

4. Повышение несущей способности сопряжения до образования задиров на поверхностях трения.

Данная технология формирования покрытия позволяет отказаться от дорогостоящих и не безвредных для природной среды способов формирования покрытий, предназначенных для повышения трибологических характеристик узлов трения технологического оборудования.

### Список литературы

1. Гаркунов Д.Н. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) поверхностей трения деталей // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2009. №5. С. 24-29.
2. Корнеев А.А., Прокопенко А.К., Голубев А.П., Терешкин С.А. Финишная антифрикционная обработка деталей узлов трения машин: монография. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. – 98 с.
3. Голубев А.П., Прокопенко А.К., Беляев В.И. Теоретические основы повышения ресурса оборудования и режущего инструмента предприятий легкой промышленности плакирующими нанотехнологиями: монография. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2014. – 97 с.

### References

1. Garkunov D.N. Finishing anti-friction non-abrasive treatment (FABO) of friction surfaces of parts // Repair. Recovery. Modernization. 2009. No. 5. P.24-29.
2. Golubev A.P., Prokopenko A.K., Belyaev V.I. The theoretical basis for increasing the resource of equipment and cutting tools for light industry enterprises by cladding nanotechnology: a monograph. – M.: FSBEI HPE MGUDT, 2014. – 97 p.
3. Korneev A.A., Prokopenko A.K., Golubev A.P., Tereshkin S.A. Finishing antifriction processing of parts of machine friction units: monograph. – M.: FSBEI HPE "MGUDT", 2015. – 98 p.

<p><b>Корнеев Алексей Алексеевич</b> – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии художественной обработки материалов», Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина, г.Москва, Российская Федерация, vso3@yandex.ru</p>	<p><b>Korneev Alexey Alekseevich</b> – candidate of technical sciences, associate professor, head of Department «Technologies of artistic processing of materials», Russian state university named after A.N. Kosygin, Moscow, Russian Federation, vso3@yandex.ru</p>
<p><b>Голубев Андрей Петрович</b> – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Управление качеством и стандартизация», Технологический университет, г.Королев, Российская Федерация, art0510@mail.ru</p>	<p><b>Golubev Andrey Petrovich</b> – candidate of technical sciences, associate professor of Department «Quality management and standardization », University of Technology, Korolyov, Moscow region, Russian Federation, art0510@mail.ru</p>

Received 24.01.2020