

Д.А. Дербуш¹, М.Г. Шалыгин²

¹войсковая часть 15644, г. Знаменск, Астраханская область Российская Федерация, denderbush@yandex.ru

²Брянский государственный технический университет, г. Брянск, Брянская область, Российская Федерация, migshalygin@yandex.ru.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОКРЫТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТАКТНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Аннотация

Изучены существующие виды технологического обеспечения качества поверхностного слоя покрытия электрического контактного соединения на разъёмных электрических соединителях. Рассмотрена возможность перспективного создания приближенно идеальной молекулярной структуры поверхности контакта разъёмных электрических соединителей, и улучшения механических свойств и стойкости к различным видам износа твердых сплавов за счет применения электрохимического шлифования поверхности при гальванической обработки способствующее увеличению коэффициента трения покоя и контактной площади на электрических соединителях.

Ключевые слова: трибология, гальваника, контактная площадь поверхности, коэффициент трения покоя.

Введение

Современные электрические устройства и системы, от бытовой электроники до сложных промышленных установок, требуют высококачественных электрических контактных соединений для обеспечения надежной и эффективной работы. Качество покрытий, применяемых на контактных поверхностях, играет ключевую роль в обеспечении электрических характеристик и долговечности соединений. Низкое качество покрытий может привести к ухудшению электрических характеристик, увеличению сопротивления, а также к снижению надежности соединений, что, в свою очередь, негативно сказывается на функционировании электрических устройств и систем. В условиях стремительного развития технологий и увеличения требований к качеству продукции. Исследование технологий способствующих обеспечению необходимого качества поверхностного слоя покрытий электрических контактных соединений, становится особенно актуальным.

Результаты и обсуждение

Для более детального анализа электрических контактных соединителей часто применяется рентгенографический метод исследования, для определения толщины покрытия, и его состава. Тестирование адгезии, осуществляемое с помощью ударных и сдвиговых методов, позволяет оценить прочность соединения между покрытием и основным материалом.

Недостаточная адгезия может привести к быстрому выходу из строя электрических соединений. Способы тестирования адгезии могут включать в себя как чисто механические испытания, так и специальные методики с использованием физико-механических воздействий.

Микроскопическое исследование покрытия, предоставляет информацию о структуре, морфологии и ступенях кристаллизации покрытия. Эти данные способствуют пониманию процессов нанесения и служат основой для исправления технологических недостатков. Используя данные микроскопии, можно оценить такие важные характеристики, как гранулометрический состав и фазы, входящие в состав покрытия.

Химический анализ устанавливает состав используемых материалов, и помогает избежать нежелательных реакций на границе раздела, которые могут привести к ухудшению физических и электрических свойств.

Испытания на коррозионную стойкость могут включать в себя погружение в агрессивные среды, где оценка показателей, таких как скорость коррозии или изменение массы, проводятся в соответствии с установленными стандартами. Стандартизированные методы, такие как испытание на солевом тумане, применяются для определения эффективности покрытия перед внешними воздействиями[1].

Электрические испытания, позволяющие оценить проводимость, переходное сопротивление и устойчивость к окислению, также имеют важное значение. Высококачественное покрытие должно обеспечивать надежную передачу электричества с минимальными потерями энергии. Таким образом, комбинированное применение методов контроля, охватывающее как физическое, так и химическое–структурное состояние покрытия, необходимо для достижения высокого уровня качества покрытия.

Гальваническое осаждение позволяет создавать тонкие, равномерные слои, обладающие высокой адгезией к основе. В данном процессе при электрохимическом осаждении металлов из растворов, формируется защитный слой с хорошими коррозионными характеристиками[2]. Однако также необходимо и учитывать параметры плотности тока, состава электролита и температуру гальванического процесса, которые напрямую влияют на структуру и свойства покрытия.

Качество покрытий электрических контактных соединений значительно влияет на их эксплуатационные характеристики и долговечность. Низкое качество таких покрытий приводит к множеству проблем, связанным с несовершенством технологий, недостатками в контроле и применении

Неправильные параметры процесса нанесения – такие как температура, скорость подачи материала и давление – также могут негативно сказываться на качестве покрытия. За различные толщины покрытия требуются разные режимы напыления. Если они не соблюдены, то можно получить либо слишком тонкий слой, который не защитит соединение, либо слишком толстый, который будет хрупким и подвержен отслоению. Устойчивость к механическим повреждениям покрытий также является предметом анализа[3].

При неаккуратном обращении или внешних воздействиях, таких как вибрации, может привести к разрушению защитного слоя.

Важным аспектом является также выбор материалов для покрытий. Не все сплавы или пигменты подходят для конкретных условий эксплуатации. В некоторых случаях применение недостаточно качественных металлов или полимеров может привести к образованию слабо связанных слоев, которые под воздействием внешней среды теряют свои защитные свойства.

Одной из основных проблем является пористость покрытия, которая может возникать на стыках при недостаточном контроле процесса напыления или нанесения. Площадь контакта поверхности в разъемных электрических соединителях напрямую зависит от качества и структуры поверхности покрытия. У пористых слоев разъемных электрических соединителей, при малом коэффициенте трения покоя, снижается электропроводимость и повышается риск образования различных окислов на поверхности. Именно окислительные реакции являются катализаторами ухудшения физико-химических свойств.

Качество базового материала играет критическую роль в конечных свойствах покрытия. Наличие технологических дефектов в самих электрических соединениях, таких как трещины или включения, может привести к неравномерному распределению нагрузок на покрытие, что делает его более уязвимым к механическим повреждениям[4]. Иногда в процессе подготовки поверхности на ней остаются загрязнения, такие как масла или остатки предыдущих покрытий. Это приводит к образованию дефектов межслойной связи, снижающих эффективность защитного слоя.

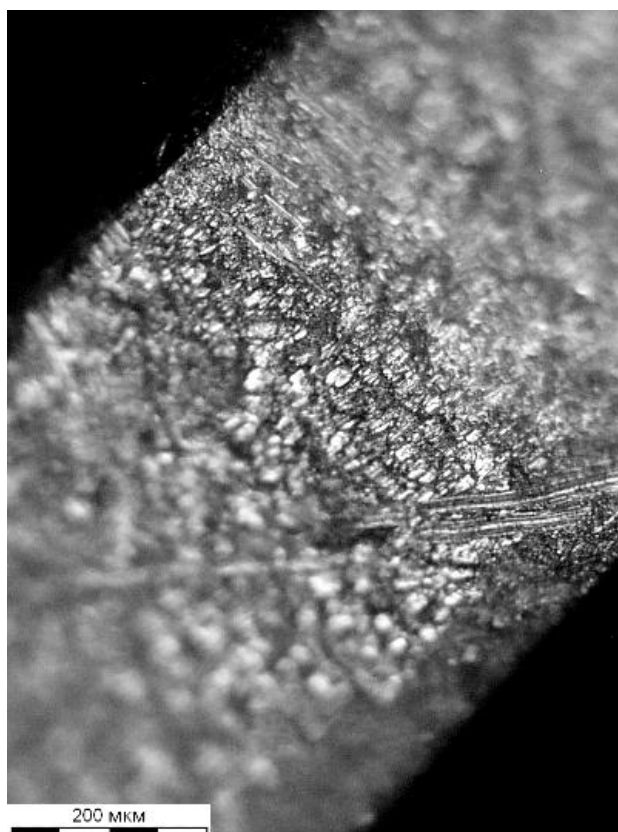


Рисунок 1 – Поверхность разъемного электрического соединителя

На рис. 1 показано качество поверхности разъемного электрического соединителя, исследуемое при помощи микроскопа. При гальванической обработке детали, слой нанесения покрытия в точности повторяет поверхность заготовки (основы) (Рис.2). Поэтому площадь контактной поверхности электрического соединителя напрямую зависит от этапа зачистки или шлифования поверхности основы электрического соединителя. Шлифование поверхности электрических соединителей хорошо применимо для заготовок размер которых позволяет осуществить зачистку и выравнивание поверхности, но и данный метод не позволяет добиться идеально – гладкой поверхности. Однако, при шлифовании поверхности заготовки электрических соединителей меньших размеров, возможностей достичь гладкой поверхности еще меньше, и наряду с этим и возникает ряд трудностей при дальнейшей эксплуатации электрических соединителей.

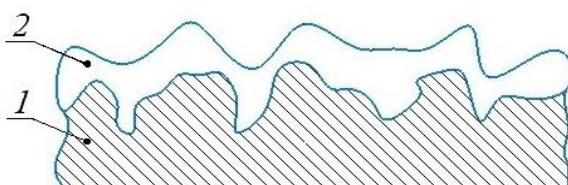


Рисунок 2 - Схема поверхности электрического контакта при повторном нанесении никелирования: 1 - Поверхность электрического соединителя; 2 - Поверхность электрического соединителя при гальваническом нанесении покрытия.

В связи с низкой контактной площадью поверхности электрического соединителя снижается и коэффициент трения покоя, что приводит к снижению ресурса разъемных соединителей, работающих в условиях вибрации и агрессивной внешней среды.

Для увеличения контактной площади поверхности разъемного электрического соединителя необходимо применить способ гальванического нанесения покрытия с применением электрохимического шлифования [5].

Электрохимическое шлифование является процессом, противоположным гальваническому осаждению металлов и обладает следующими достоинствами:

- поверхность покажет меньшее число трещин, глубоких царапин и вмятин на поверхности изделия;
- увеличит электрическую проводимость;
- увеличит контактную площадь поверхностного соединения разъемных электрических соединителей;
- снизит возникающее при соединении контактов электрическое сопротивление;
- повысит качество поверхностного слоя контакта.

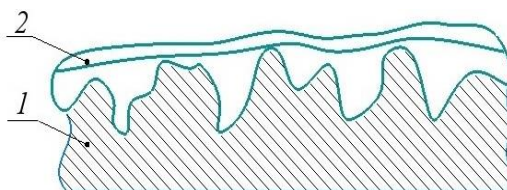


Рисунок 3 - Схема поверхности электрического контакта при повторном нанесении никелирования 1 – Поверхность электрического соединителя; 2 – Поверхность после гальванического нанесения покрытия с применением электрохимического шлифования.

На рис. 3 схематично показана гальванически нанесенное покрытие на поверхность разъемного электрического соединителя с применением электрохимического шлифования.

Данный процесс позволит установить ключевые критерии качества поверхностного слоя, и увеличить контактную площадь и эксплуатационные характеристики электрических соединителей.

Заключение

За счет увеличения площади фактического контакта между электрическими соединителями увеличится коэффициент трения покоя в данном сопряжении, что приведет к увеличению ресурса работы разъемных электрических соединителей. Полученная поверхность покажет минимальное число трещин, глубоких царапин и вмятин на поверхности изделия, что в свою очередь увеличит электрическую проводимость, поверхностное соединение контактных электрических соединителей, снизит возникающее при соединении контактов электрическое сопротивление, и повысит качество полученного поверхностного слоя контакта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Виноградов С. С., Балахонов С. В., Демин С. А., Кириллова О. Г. Влияние шлифования композиционного покрытия на его электрохимическое поведение в коррозионной среде // Коррозия: материалы, защита. – 2016. – № 1. – С. 44-47. – EDN VHXBOX;
2. Астасюхина А.С., Пикалов Е.С. Обзор путей повышения эффективности современных гальванических производств // Успехи современного естествознания. 2016. № 1. С. 7–8. EDN VLCYWJ;
3. Дербуш, Д. А. Обзор технологий улучшения эксплуатационных показателей контактных электрических соединителей / Д. А. Дербуш, М. Г. Шалыгин, Е. С. Евтух // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 10(34). – С. 4-11. – DOI 10.30987/2782-5957-2024-10-4-11. – EDN FBNTTI;
4. Шумов О.В. Повышение эксплуатационных свойств защитных покрытий на основе меди // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2008. № 8. С. 22–23. EDN UYZYCSJ;
5. Дербуш, Д. А. Методика нанесения гальванических покрытий электрических контактов с использованием электрического шлифования поверхности / Д. А. Дербуш, М. Г. Шалыгин // Трибология - машиностроению : Труды XV Международной научно-технической конференции, Москва, 12–13 ноября 2024 года. – Москва: Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, 2024. – С. 69-71. – EDN FFWGCF.

D.A. Derbush¹, M.G. Shalygin²

¹Military unit 15644, Znamensk, Astrakhan region, Russian Federation, denderbush@yandex.ru

²Bryansk State Technical University, Bryansk, Bryansk region, Russian Federation, migshalygin@yandex.ru.

TECHNOLOGICAL QUALITY ASSURANCE OF THE SURFACE LAYER OF THE ELECTRICAL CONTACT CONNECTION COATING

Abstract

The existing types of technological quality assurance of the surface layer of the electrical contact connection coating on detachable electrical connectors are studied. The possibility of prospective creation of approximately ideal molecular structure of contact surface of detachable electrical connectors and improvement of mechanical properties and resistance to various types of

wear of hard alloys by using electrochemical grinding of surface during galvanic treatment contributing to increase of coefficient of static friction and contact area on electrical connectors is considered.

Keywords: tribology, galvanics, contact area of surface, coefficient of static friction.