

Восстановление изношенных деталей электрических машин композиционными электрохимическими покрытиями железо-корунд

Пантелеев В.И., Петухов Р.А., Сизганова Е.Ю.

Кафедра электротехнических комплексов и систем, Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, ул. Ленина д. 70, 660049, Россия

rompet1@mail.ru

Abstract.

Гальваническое наращивание слоя железа - один из эффективных методов восстановления деталей при ремонте. Производительность этого процесса в 15-20 раз выше, чем при хромировании. Большая скорость осаждения железа и низкая стоимость исходного материала определяют экономическую целесообразность этого процесса. Железнением на поверхности деталей можно нанести слой толщиной до 3 мм, что необходимо при большом их износе.

Введение. ...

В настоящее время к трущимся деталям электрических машин (посадочные места подшипниковых узлов, шейки валов) предъявляются повышенные требования по износостойкости покрытий способных выдерживать длительные высокие механические и тепловые нагрузки, успешно противостоять вредному воздействию износа, агрессивных сред, знакопеременных и контактных нагрузок. Новый метод их получения реализует хорошо известный принцип, заимствованный у природы. Суть последнего заключается в том, что совместная работа разнородных материалов дает эффект, равносильный созданию нового материала, свойства которого отличаются от свойств каждого из его составляющих.

Электрохимические железные покрытия для восстановления геометрических параметров изношенных деталей машин характеризуются появлением микротрещин при увеличении толщины покрытия, следствием чего является недостаточно высокая микротвердость и устойчивость к трению.

Более качественные покрытия позволяет получить добавление в электролит порошка корунда (окись алюминия Al_2O_3). Твердые частицы окисла (микротвердость корунда 22-25 ГПа) увеличивают износостойкость электрохимических железных покрытий при работе сопряженных деталей как в смазке, так и при сухом трении, значительно уменьшают задиры трущихся поверхностей.

Применение композиционных электрохимических покрытий железо-корунд уменьшает количество трещин в покрытии. Положительное действие частиц корунда особенно заметно в условиях образования хрупких покрытий (низкие температуры и высокие плотности тока). Природа этого явления может быть объяснена тем, что реализация внутренних напряжений растяжения, свойственных электролитическому железу, происходит вокруг частиц второй фазы покрытия.

По сравнению с покрытиями на основе чистого электролитического железа и железа с добавками карбида титана, композиционные электрохимические покрытия на основе железа с

добавками корунда обладают высокой износостойкостью и в то же время являются не чувствительными к ударным нагрузкам, т.е. нехрупкие. Получить такое покрытие позволяет сочетание пластической металлической матрицы и твердых частиц оксида, которые в условиях всестороннего обжатия могут проявлять признаки пластичности. С увеличением концентрации частиц оксида в покрытии увеличивается его износостойкость, которая достигает максимума при достаточном количестве этих частиц для восприятия нагрузки, а объем металлической матрицы (связки) еще настолько велик, что в состоянии удерживать частицы от выкрашивания. Дальнейшее увеличение концентрации твердых частиц оксида в покрытии ведет к уменьшению объема металлической связки. Впоследствии количество твердых частиц в покрытии становится так много, что они начинают соприкасаться, уменьшая до минимума влияние матрицы на прочность композиции. Это приводит к выкрашиванию частиц покрытия даже при незначительных нагрузках, то есть нарушается химическая связь с матрицей, а остается только механическая. Выкрашиваясь, частицы в большом количестве попадают в зону трения, резко увеличивая износ покрытия.

Процесс железнения осуществляется в хлористых, серноокислых, и смешанных электролитах. Наиболее широкое применение получили хлористые электролиты, отличающиеся высокой концентрацией солей, интенсивностью наращивания осадка и возможностью получения покрытий большей толщины. В состав электролита входит хлористое железо $FeCl_2$ 700 г/л, окись алюминия (корунд М5) Al_2O_3 50-75 г/л. При этом необходимо поддерживать анодную и катодную плотность тока 20-25 А/дм² и температуру электролита не ниже 40 °С.

При работе сопряженных деталей с электролитическими железными покрытиями в смазке, загрязненной абразивными частицами, твердые частицы окислов увеличивают износостойкость покрытий.

Анализ влияния концентрации окиси алюминия Al_2O_3 на скорость износа покрытия и основной чугунной детали при работе в масле показал, что покрытия железо-корунд, полученные из электролита с концентрацией добавки 50-100 г/л, при удельном давлении 1,5 МПа, имеют износостойкость больше в 6,5 - 7,5 раза, чем чистое электролитическое железо. Износ чугунной буксы с таким покрытием уменьшается с 2,8 до 1,9 мг/ч (рис. 1).

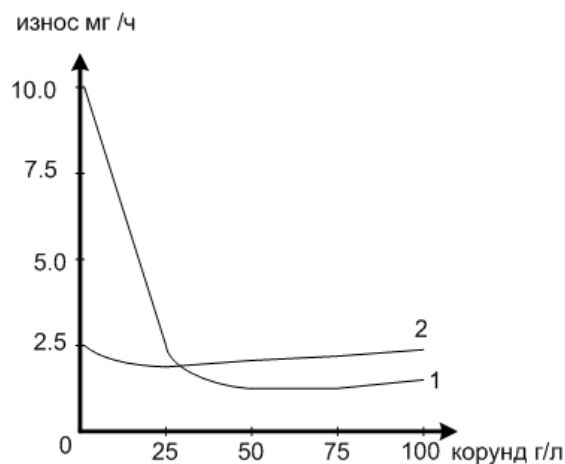


Рисунок 1. Влияние концентрации окиси алюминия Al_2O_3 на скорость износа:
1 – износ покрытия, 2 – износ детали из чугуна

Для оценки влияния удельного давления на скорость износа композиционных электрохимических покрытий на основе железа проведены опыты при удельных давлениях 25; 50; 75 МПа, которые показали, что оптимальной износостойкостью в таких условиях трения обладают покрытия, полученные из электролитов с концентрацией окиси алюминия Al_2O_3 50 - 75 г/л. Износостойкость таких покрытий при нагрузке 25-50 МПа была в 28 - 45 раз выше износостойкости чистого электролитического железа, а износ основной чугунной детали был несколько меньше или соответствовал износу буксы, имеющей покрытие из чистого железа. Результаты в виде графиков представлены на рисунке 2.

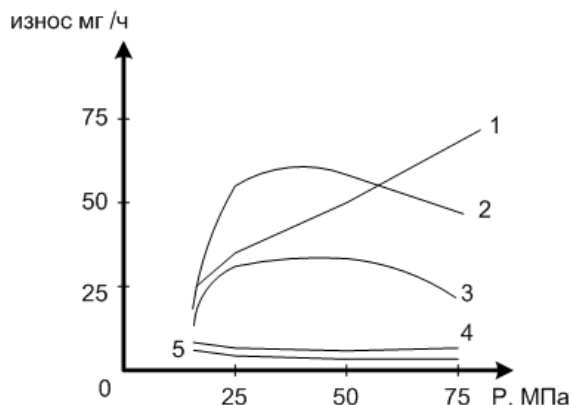


Рисунок 2. Влияние удельного давления на скорость износа
 1 – сталь 40X, 2 – чистое электролитическое железо, 3 – железо-дисульфид молибдена 6 г/л, 4 – железо-карбид титана 50 г/л, 5 – железо-корунд 50-75 г/л

Исследование износа покрытий при сухом трении показало большие преимущества композиционных электрохимических покрытий с окисью алюминия перед другими видами покрытий и чистым электролитическим железом (рис. 3). Так, при удельном давлении 8,1 МПа скорость износа чистого электролитического железа составляла 91 мг/ч, осадков железо-карбид бора – 29,4 мг/ч, а осадков железо-окись алюминия (50-75г/л) 5 мг/ч.

Схватывание и катастрофический износ мягких (микротвердость 4,5 ГПа) покрытий железо-карбид титана наступали уже на первых минутах работы при 4,0 МПа (рис.3, кривая 1). Первые признаки схватывания твердого электролитического железа (микротвердость 5,8 ГПа), заключающиеся в колебании момента трения, наступали при 5,5 МПа (рис.3, кривая 3). Износ буксы при этом резко возрастал. Возможно, вследствие абразивного воздействия диспергированных частиц чугуна возрастал также износ покрытия. Но имевшийся на поверхности покрытия бурый налет окислов способствовал предотвращению интенсивного схватывания и задира поверхностей.

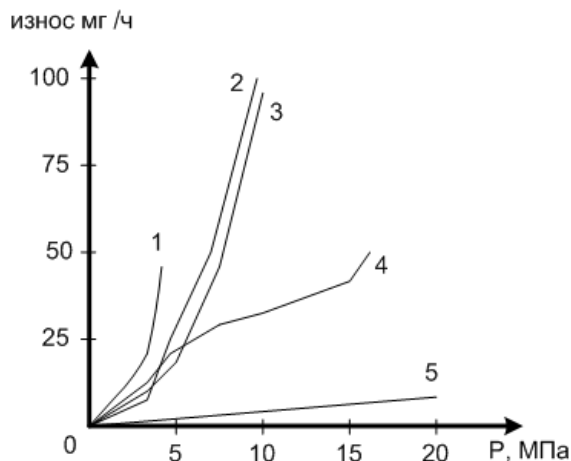


Рисунок 3. Скорость износа композиционных электрохимических покрытий на основе железа при сухом трении: 1 – железо-карбид титана 50 г/л, 2 – железо-дисульфид молибдена 6 г/л, 3 – чистое электролитическое железо, 4 – железо-карбид бора 100 г/л, 5 – железо-корунд 50-75 г/л

Исследования износа деталей с покрытием из электролитического железа и композиционными электрохимическими покрытиями на основе железа в течение 20 минут при сухом трении с сопряженной чугушной обкладкой показали следующее:

- на поверхности покрытия из электролитического железа появлялись задиры уже при удельном давлении 15 МПа, что вело к значительному выкрашиванию верхнего слоя покрытия и, как следствие, повышенному износу;

– на поверхности покрытия железо-корунд даже при удельном давлении 25 МПа не образовывалось задиров и локальных повреждений верхнего слоя.

Вывод.

Определено перспективное направление по разработке нового электротехнологического комплекса по восстановлению и упрочнению изношенных деталей машин, нанесением композиционных электрохимических покрытий (КЭП), с использованием разных форм периодического тока.

Исследования износостойкости композиционных электрохимических покрытий на основе железа, полученных из хлористого электролита с добавкой порошка корунда, показали, износ покрытия снижается более чем в 4-5 раз, а коэффициент трения – с 0.1 до 0.02. Такие покрытия рекомендованы для производственного использования в целях восстановления и упрочнения деталей электрических машин.

Литература:

1. Сайфуллин Р.С., Комбинированные электрохимические покрытия и материалы, 1972, Химик, 193с.
2. Петров Ю.Н., Восстановление деталей электролитическим железом, 1983, Кишинев, Институт прил. Физики, 115с.
3. Вячеславов П.М., Электрическое осаждение сплавов, 1977, Ленинград, Машиностроение, 94с.
4. Валеев И.М., Абдуллин И.А., Сайфуллин Р.С. Особенности получения КЭП в нестационарных условиях электролиза //Сб. статей. Проблемы коррозии и пути повышения коррозионной стойкости металлов и материалов. Казань: КХТИ, 1980,- С.65-66.
- 5.S.L. Wang, Z.Y. Zhang, Y.B. Gong, G.M. Nie Microstructures and corrosion resistance of Fe-based amorphous/nanocrystalline coating fabricated by laser cladding J. Alloys Compd., 728 (2017), pp. 1116-1123
6. Q.Y. Hou Influence of molybdenum on the microstructure and properties of a FeCrBSi alloy coating deposited by plasma transferred arc hardfacing Surf. Coating. Technol., 225 (2013), pp. 11-20