



УДК 621.9.048.6

АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНЫХ СРЕДСТВ МИНЕРАЛЬНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ, ВНЕДРЯЕМЫМИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКОЙ

ANTICORROSION PROTECTION OF EQUIPMENT FROM THE ACTION OF AGGRESSIVE AGENTS WITH MINERAL COATINGS BY THE INTRODUCED ULTRASONIC TREATMENT

Грушев Виталий Викторович

кандидат технических наук, доцент,
Забайкальский государственный университет
Guushev.49@mail.ru

Grushev Vitaliy Viktorovich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Transbaikal State University
Guushev.49@mail.ru

Аннотация. Рассматривается влияние ультразвуковой обработки на упаковку минеральных материалов в поверхностный слой, обеспечивающее антикоррозионные свойства изделий машиностроительного назначения.

Annotation. Examines the influence of ultrasonic treatment on the packaging of mineral materials in the surface layer, providing anti-corrosion properties of products in mechanical engineering.

Ключевые слова: минералы, покрытия, энергия, структура, ультразвук.

Keywords: minerals, coatings, energy, structure, ultrasound.

Прогресс в развитии машиностроительного производства во многом зависит от создания изделий с высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками практически всех типов деталей. Достижение заданных параметров требует более тонкого и вместе с тем, более глубокого технологического воздействия на структуру металлов, а в ряде случаев и создания принципиально новых технологических процессов и конструкционных материалов. Возникла потребность в совершенствовании теоретических представлений и кинетики физико-химических процессов на поверхности и в поверхностном слое твердых тел, в разработке технологий молекулярного и атомного уровня.

Известно, что в 57 случаях из 100 причиной преждевременного выхода оборудования из строя является коррозия. Поэтому для обеспечения надежности работы горно-шахтного и энергетического оборудования, работающих в коррозионно активных средах, необходим новый подход по повышению их эксплуатационных свойств

Оборудование работает в закрытом пространстве и подвержено воздействию различных растворов, соленой воды и т.д. На детали оказывают влияние динамические и вибрационные нагрузки, вызывающие интенсивный износ агрегатов. При эксплуатации поверхностный слой детали подвергается особо сильным физико-химическим воздействиям: механическому, тепловому, магнито-электрическому, химическому и др. В большинстве случаев у деталей ухудшаются служебные свойства поверхности. Износ, эрозия, кавитация, коррозия, усталостные трещины и другие разрушения первоначально развиваются на поверхности. Поэтому к поверхностному слою предъявляют более высокие требования, чем к основной массе детали.

В настоящее время проблема антикоррозионной защиты является актуальной, как в России, так и во многих других странах. Ежегодно экономические потери от коррозии составляют значительный процент от общих затрат в технологических отраслях. Потери, по приблизительной оценке, составляют порядка 10–14 % от общего количества добываемых металлов. Данные потери трудно подвергаются точной оценке. А косвенные экономические потери увеличивают значения затрат ещё на порядок. В статьях различных авторов приводятся результаты анализа современных методов борьбы и предупреждения коррозии, которые подразделяются на три группы: технологические, физические и химические. Наиболее распространённым из данных групп методов является применение различных антикоррозионных покрытий.

Одним из наиболее действенных способов повышения эксплуатационных свойств изделия является понятие о трансформации структуры металла в наноразмерное состояние, при котором размер структуры составляет менее 100 нм [1].

Увеличение прочностных характеристик и твердости при сохранении удовлетворительной пластичности и ударной вязкости при наноконструировании связывают с изменением закономерностей пластического деформирования поликристаллического тела, обусловленного уменьшением размера зерна и увеличением относительного объема границ зерна.

Экспериментальные данные характеризуют зависимость механических и эксплуатационных свойств изделия от режимов деформационного наноконструирования.



На данном этапе развития теории и практики в области технологического обеспечения эксплуатационных свойств изделия количество и качество накопленных знаний не дают возможности в полной мере использовать эти методы для решения инженерных задач.

Перспективным методом поверхностно-пластической деформации с целью модификации поверхности является технология упрочняюще-чистовой обработки – ультразвуковая финишная обработка (УФО) [2].

В результате данной обработки повышается микротвёрдость поверхностных слоёв, формируются сжимающие остаточные напряжения и повышается износостойкость при трении скольжения.

Создание нанокристаллической структуры в поверхностном слое на основе УФО позволяет существенно улучшить характеристики металлов и их сплавов. Этот метод характеризуется простотой и низкой себестоимостью.

Насыщение минеральными материалами природного происхождения поверхностной структуры металла ультразвуком создает возможность обеспечить антикоррозионную защиту оборудования, работающего в агрессивных средах. Разработка такой технологии ультразвуковой обработки поверхности металлов вносит серьезные коррективы в представления о парах трения в машинах и механизмах и антикоррозионных покрытиях, которые можно получить, используя новые комплексные технологии обработки поверхностных слоёв металлов [3]. Такое комбинированное воздействие не только упрочняет поверхностный слой, но и модифицирует его.

Выбор технологии модификации определяется условиями эксплуатации изделия и свойствами исходного материала детали. Модифицирование поверхности на различную глубину позволяет, прежде всего, сохранять свойства основного металла, его способность выдерживать определённые нагрузки, не уменьшать усталостную прочность и т.п. В связи с этим, наиболее рационально модифицировать только тонкие поверхностные слои [3].

Применение минеральных материалов природного происхождения в качестве конструкционных материалов для формирования поверхностных слоёв деталей, обладающих высокими антифрикционными, антикоррозионными и другими специальными свойствами требует новых теоретических, методологических и технологических подходов. Это требование вызвано рядом обстоятельств, связанных со специфическими физико-механическими свойствами природных материалов, отличными от свойств традиционных материалов (сталей, сплавов и т.д.), получаемых искусственным путём.

В зависимости от технологии нанесения покрытия на поверхность детали возможно получение однослойного и многослойных покрытий, способных надёжно защитить поверхность и придать ей дополнительно требуемые свойства. Технологический процесс обработки строится по простой схеме, не требующей дорогостоящего оборудования.

Внедрение минеральных покрытий при сверхпластичном течении при ультразвуковой обработке представляет многофакторный процесс. Упрочнение достигается в результате сложных структурных изменений во время действия ультразвука и после него, являющихся синтезом нескольких физических механизмов и реализуемых при фазовых превращениях.

Деформации высокой степени в поверхностном слое при малых общих деформациях детали приводят к созданию в слое значительных сжимающих напряжений [2].

Для оценки влияния ультразвуковых колебаний на формирование поверхностного слоя деталей при внедрении минеральных материалов проведены исследования на деталях «Шток» горного оборудования из стали 45, полученных по заводской технологии (шлифованных до $Ra = 0,4$ мкм), обработанных только резцом до $Ra = 6,3$ мкм и обработанных композитом после закалки ТВЧ.

Параметры режимов УЗО имели следующие значения: частота $f = 22$ кГц, амплитуда $A = 10$ мкм, радиус бочкообразного индентора $R_{инд} = 8$ мм, с величиной подачи $S_{прод} = 0,054–0,090$, сила статического прижима $F_{см} = 50…60$ Н.

В результате ультразвуковой обработки закалённой нешлифованной стали 45 покрытой геоматериалом улучшается шероховатость с $Ra = 6,3$ мкм до $Ra = 0,1…0,3$ мкм и повышает микротвёрдость с HRC = 42 ед. до HRC = 50 ед., что позволяет исключить обработку шлифованием. Количество проходов зависит от технологических требований к изготавливаемой детали (шероховатость и твёрдость) и соответствует 1… 3 проходам.

Микроструктуру упроченной поверхности определяли растровым электронным микроскопом JSM-6510LV (Япония) с системой микроанализа INCAEnergy 350, OxfordInstruments.

Результаты проведенных исследований формирования различных покрытий из минералов природного происхождения под воздействием ультразвуковой обработки показали возможность изменения микроструктуры поверхностного слоя.

Микроструктура поверхностного слоя с внедренным геоматериалом закаленного и незакаленного образца представлена на рисунках 1 и 2.

Для проверки стойкости минеральных покрытий к агрессивным средам в лаборатории «Технология машиностроения» ЗабГУ проведены испытания деталей из различных материалов с разными типами покрытий и без них в среде соляного тумана NaCl при концентрации последнего 30граммов на



литр дисциллированной воды. Испытания проводились в течение 168 часов. После испытаний проведён визуальный осмотр поверхностей и оценка степени их повреждения.

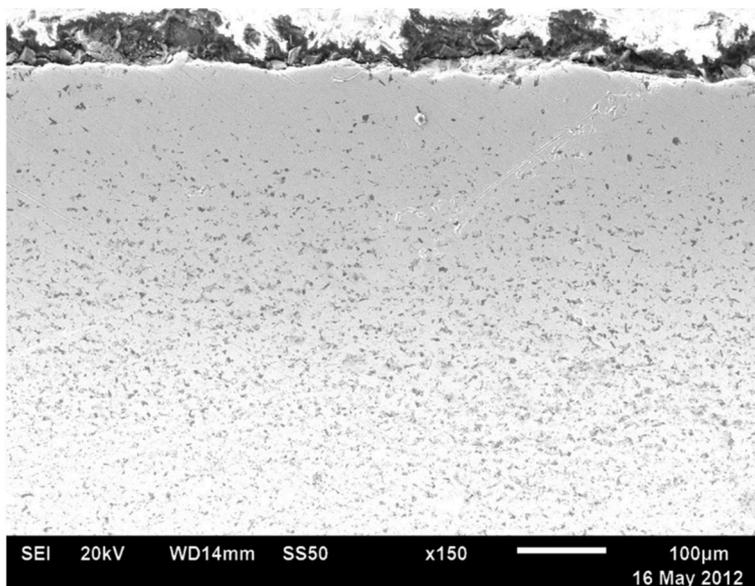


Рисунок 1 – Микроструктура поверхностного слоя. Закаленный образец. Сталь 45 при $S = 0,09$; $V = 25$ м/мин

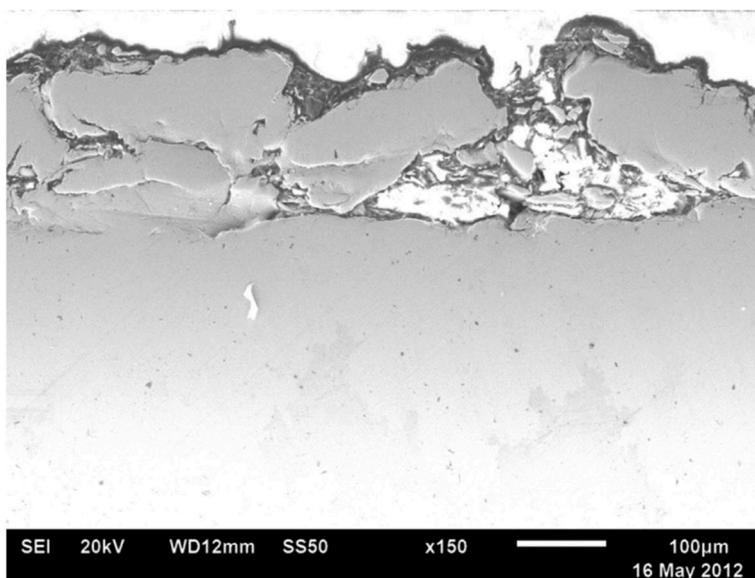


Рисунок 2 – Микроструктура поверхностного слоя. Незакаленный образец. Сталь 45 при $S = 0,09$; $V = 25$ м/мин

Поверхность с минеральным покрытием после испытаний соответствовала первоначальной шероховатости 0,63–0,32 мкм. Образцы обследовались профилометром Mahr Surf.

Структура дробится и размеры отдельных кристаллов уменьшаются. При этом дефектность структуры снижается. Формирование различных покрытий с помощью ультразвуковой обработки позволяет принципиально изменять состояние поверхностного слоя детали.

На рисунках 1 и 2 видно уплотнение поверхностного слоя и сглаживание шероховатости, происходящее под воздействием ультразвука. Слой геоматериала, внедренного в поверхность (область поверхности темного цвета), препятствует образованию коррозии материала. Изменение характеристик поверхностных слоев материалов при обработке ультразвуком с геоматериалом позитивно сказывается на коррозионной стойкости в следствии увеличения адгезионного числа приповерхностного слоя материала за счет энергии, необходимой для установления связи между атомами поверхностного слоя и атомами геоматериала при одинаковом давлении. Рисунки 1 и 2 отражают различия, с которыми происходит воздействие ультразвука на приповерхностные слои закаленного и незакаленного образцов по глубине внедрения (от 10 мкм до 20 мкм) и степень воздействия на уплотнение микроструктуры.

**Выводы:**

1. Внедрение минеральных материалов природного происхождения под воздействием ультразвуковой обработки модифицирует приповерхностный слой эффективно заполняя поры и раковины, что предотвращает развитие коррозии.
2. Величина внедрения слоя из минералов природного происхождения в закаленные и незакаленные образцы соответствует 10–20 мкм и позволяет сохранять свойства основного материала после ультразвуковой обработки.
3. Эксплуатационные характеристики деталей после внедрения минеральных материалов ультразвуком имеют повышенную сопротивляемость коррозии по сравнению со шлифованными, что позволяет исключить операции шлифования.

Литература:

1. Алехин В.П., Алехин О.В. Нанотехнологии поверхностной упрочняющей и финишной обработки деталей из конструкционных и инструментальных сталей // Машиностроение и инженерное образование. – 2007. – № 4. – С. 2–13.
2. Холопов Ю.В. Машиностроение ультразвук: УЗС БУФО ГЕО. – СПб. : ООО «Типография «Береста», 2008. – 328 с., ил
3. Грушев В.В., Лазарев С.Ю. Промышленное применение минеральных покрытий и ультразвуковой обработки. – Чита : ЗабГУ, 2012. – 144 с.

References:

1. Alekhin V.P., Alekhin O.V. Nanotechnology of surface hardening and finishing of parts from structural and tool steels // Mechanical engineering and engineering education. – 2007. – № 4. – P. 2–13.
2. Kholopov Yu.V. Mechanical engineering ultrasound: USS BUFO GEO. – St. Petersburg : Printing house «Beresta», 2008. – 328 p.
3. Grushev V.V., Lazarev S.Yu. Industrial application of mineral coatings and ultrasonic treatment. – Chita : ZabGU, 2012. – 144 p.