

Оценка микротвердости пленочного покрытия на подложке из стали 45 проводили на приборе Micromet-1 с использованием индентора Кнупа. Величина нагрузки составляла 0,03 Н; толщина исследуемых покрытий не превышает 2,0 мкм. Отпечаток имеет вид сильно вытянутого ромба, большая диагональ в семь раз превышает малую, глубина отпечатка в 30 раз меньше большой диагонали. Сильно вытянутая большая диагональ обуславливает повышенную точность измерения микротвердости при малых нагрузках, что особенно важно для тонких покрытий. В результате выполненных измерений получены следующие значения микротвердости: основа-2800-3200 МПа, покрытие-6700-7300 МПа, т.е. напыление покрытия вызывает увеличение микротвердости почти в два раза.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований позволяют сделать вывод о возможности получения методами ионно-лучевого и ионно-плазменного осаждения тонких TiNi пленок, в которых при термоциклировании реализуются термоупругие фазовые превращения, характерные для исходного материала.

Литература

1. Лихачев, В.А., Кузьмин, С.Л., Каменцева, З.П. Эффект памяти формы. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1987. – 216с
2. Рубаник, В.В., Рубаник, В.В. мл. Получение тонких TiNi пленок методом ионно-плазменного осаждения. //Сб. тез. XV Междун. конфер. «Актуальные проблемы прочности», 25-28 сентября 2006г., Белгород, Россия, – с. 166

УДК 669-138

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ БОРСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Константинов В.М.¹, Тихонов П.В.²

¹Белорусский государственный университет, г. Минск,

²Полоцкий государственный университет, г.Новополоцк.

Целью настоящей работы является повышение физико-механических и геометрических свойств электроискровых борсодержащих покрытий для применения их в ремонтном производстве для восстановления прецизионных пар трения.

Электроискровая обработка с целью изменения физико-механических свойств обрабатываемой поверхности нашла широкое применение в связи с преимуществами способа, такими как возможность локального нанесения покрытий из любых токопроводящих материалов, изменения электрических свойств токопроводящих поверхностей, низкое тепловложение в деталь, возможность автоматизации процесса, использование универсального оборудования и формирование композиционных покрытий путём многократной последовательной обработки. Внимания заслуживает возможность формирования композиционных электроискровых покрытий при восстановлении прецизионных пар трения, представителем которых является ротор турбокомпрессора дизельного двигателя СМД-21, при износе опорных поверхностей которого более 20 мкм деталь считается негодной.

Условия работы и характер изнашивания ротора турбокомпрессора определяют следующие требования к электродному материалу:

- максимально низкая температура плавления по отношению к температуре плавления материала основы для преобладания жидкофазной составляющей в процессе переноса материала;
- твердость покрытия должна быть не менее 52 HRC₂;
- материал покрытия должен иметь в своём составе более 30-35% карбидной фазы.

При этом восстановленная деталь должна обладать высокой прирабатываемостью с целью увеличения ресурса восстановленной детали. Таким образом восстановительное покрытие должно иметь: восстановительный слой - слой, при нанесении которого наблюдается наибольший прирост толщины покрытия с максимальной его сплошностью и минимальной пористостью (для восстановления геометрических размеров детали); упрочняющий слой - для придания восстановленной поверхности заданных физико-механических свойств; прирабочный слой - слой обеспечивающий быстрый переход изнашивания в установившуюся фазу с минимальным износом.

После определения требований к композиционному покрытию для восстановительного и упрочняющего слоёв были выбраны диффузионно-легированные материалы на основе железа, как наиболее распространенные в ремонтном производстве при их низкой стоимости и высоких физико-механических свойствах.

Электроискровые покрытия наносили на лабораторной установке на базе токарно-винторезного станка, позволяющей изменять напряжение на межэлектродном зазоре до 100 В, частоту импульсов до 2000 Гц. Рост массы катода площадью 150 мм² из стали 45 определяли на аналитических весах АДВ-200 М с погрешностью $\leq 0,0002$ г. Структуру и микрорельеф покрытий исследовали на микроскопе МИМ-10 и микротвердомере ПИМТ-3. Изменение объёма катода рассчитывали по изменению его массы по известной плотности наносимых материалов, пренебрегая эрозией катода.

Рассмотрим подробнее формирование восстановительного и упрочняющего слоёв.

Восстановительный слой. Для формирования электроискрового покрытия максимальной толщины с минимальной пористостью материал электрода должен удовлетворять следующим требованиям, обеспечивающим максимальный вклад жидкофазной составляющей в продуктах эрозии и их высокую прочность с восстанавливаемой поверхностью: хорошее смачивание восстанавливаемой поверхности, близость температурных коэффициентов расширения материалов восстанавливаемой детали и электрода.

Исследовалась зависимость толщины получаемого покрытия от содержания бора в материале электрода и кинетика изменения массы и объёма катода при максимально возможных на установке режимах $U_p=100$ В, $f = 2000$ Гц, $E=0,09$ Дж показаны на рисунках 1 и 2 соответственно.

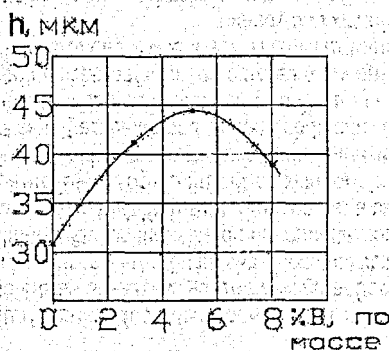


Рисунок 1. Зависимость толщины получаемого покрытия от содержания бора в материале электрода

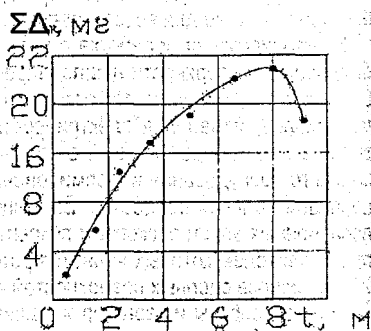


Рисунок 2. Зависимость суммарного прироста катода от времени обработки для материала электрода 70P5

Наблюдаемый экстремум толщины электроискрового покрытия объясняется максимальным снижением температуры плавления материала электрода, связанном с образованием при его диффузионном легировании FeB и Fe₂B, которые в свою очередь образуют с железом твёрдые растворы. Образующаяся при наплавке эвтектика Fe₂B+Fe при эвтектической концентрации бора 3,8% имеет температуру плавления 1149 °С; которая ниже температуры плавления стали 70, что приводит в свою очередь к увеличению жидкофазной составляющей в процессе переноса материала анода на катод.

Упрочняющий слой. Формирование данного слоя должно обеспечить на поверхности восстанавливаемой детали заданные физико-механические параметры, предъявляемые к восстанавливаемой поверхности (твёрдость не менее 52 HRC).

Исследовалось изменение микротвёрдости электроискрового покрытия в зависимости от процентного содержания бора в материале электрода (рис.3).

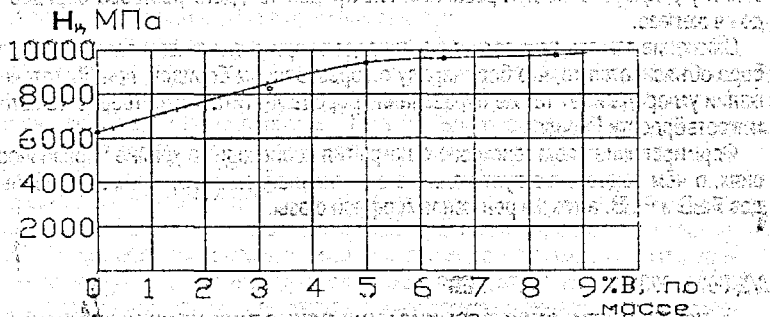


Рисунок 3. Изменение микротвёрдости электроискрового покрытия от содержания бора в материале электрода (Сталь 70).

Металлографические исследования показали, что после электроискровой наплавки электродом Сталь 70(+8%B) наблюдался белый слой, твёрдость которого составляла 8700 – 8950 МПа. При этом твёрдость основного материала составляла 2140 – 2210 МПа.

Из рентгено-графического анализа полученных данных следует, что в наплавленном покрытии присутствует наряду с кристаллическими фазами железа, Fe_α, Fe_γ, рентгеноаморфная фаза с размером области когерентного рассеяния 2,7± 0,487 нм. Следует отметить так же наличие нанокристаллической Fe_γ фазы с размером области когерентного рассеяния 9,7± 0,488 нм. Отметим так же отсутствие в покрытии традиционных боридов FeB, Fe₂B и наличие метастабильных боридов Fe₃B и Fe₄B. Это свидетельствует о том, что процесс структурообразования электроискрового покрытия из диффузионно-легированных электродов протекает в крайне неравновесных условиях. Следует отметить также дефицит по бору в вышеуказанных боридах, что позитивно сказывается на качестве боридов в покрытии и общей твёрдости покрытия.

Таким образом композиционное электроискровое покрытие (рис.4) является результатом последовательной обработки восстанавливаемой поверхности диффу-

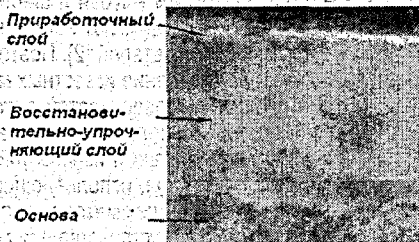


Рисунок 4. Композиционное покрытие

зионно-борированными электродами с различным содержанием бора, в результате чего происходит формирование композиционного покрытия, обладающего заданными износостойкостью, сплошностью, адгезионной прочностью, толщиной, прирабатываемостью, обеспечиваемые соответствующим слоем.

Выводы.

Электроискровая наплавка является перспективным методом восстановления деталей машин с износом до 40 мкм. Применение диффузионно-легированных электродов позволяет оптимизировать свойства анода с позиции получения заданных параметров электроискрового покрытия, а последовательная наплавка - получать покрытия заданной толщины и микротвёрдости.

Формирование покрытия с максимальной толщиной возможно при максимальном снижении температуры плавления материала электрода, что наблюдается при образовании и диффузионно-легированных электродов твёрдого раствора боридов и диборидов в железе.

Снижение темпов прироста микротвердости при дальнейшем повышении содержания бора объясняется тем, что бор, наряду с образованием боридов, при достаточном содержании углерода идет так же образование бороцементита, микротвердость которого ниже микротвёрдости боридов.

Формирование электроискрового покрытия происходит в крайне неравновесных условиях, о чём свидетельствует наличие в наплавленном покрытии метастабильных боридов Fe_3B и Fe_5B , а так же рентгеноаморфной фазы.

УДК 621. 923.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРИ НАНЕСЕНИИ ФЕРРОПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Хейфец М.Л., Грецкий Н.Л., Садюкович А.А.

Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк

Повышение надежности и долговечности деталей машин во многом определяется состоянием их поверхностного слоя [1]. Основными причинами потери работоспособности узлов и механизмов являются изнашивание и усталостные поломки деталей, их разрушение вследствие ползучести, коррозии, эрозии в различных средах, кавитационное разрушение и всевозможные сочетания этих причин. Свыше 80% отказов обусловлено процессами изнашивания или комплексными причинами, в которых изнашивание играет доминирующую роль. Износ деталей различных групп по элементам составляет: 52% - цилиндрические поверхности; 3% - конические и сферические; 1% - плоские; 1% - профильные и фасонные; 2% - зубья и шестерни; 3% - шлицы; 5% - пазы; 10% - резьбы. Причем 13% поверхностей имеют нарушение макрогеометрии и формы; трещины и изломы обнаружены у 9% деталей [2]. Поэтому актуальными являются как разработка новых, так и совершенствование известных методов восстановления.

При восстановлении поверхностей деталей машин используют различные способы нанесения покрытий, позволяющие получать поверхность с требуемым химическим составом, высокой твердостью и износостойкостью. Наиболее перспективными являются электрофизические методы, использующие энергию электромагнитного поля [2]. Одним из таких ресурсосберегающих методов является электромагнитная наплавка [2,3].

Существуют различные устройства для реализации процесса. Наиболее просты двухполюсные и однополюсные установки для упрочнения деталей в магнитном поле [2,3]. При упрочнении на двухполюсной установке деталь располагается между двумя торцами