

НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ЭИО ЭЛЕКТРОДАМИ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ХРОМА

Скобло Т.С., доктор техн. наук, Сидашенко А.И., канд. техн. наук,
Мартыненко А.Д., инженер, Тихонов А.В., канд. техн. наук,
Золотухин Р.А., студент

(Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства)

В роботі наведено результати досліджень по встановленню кількісних параметрів масопереносу при ЕІО в залежності від матеріалу анода і режимів обробки. Досліджено фізичні процеси, що обумовлюють формування структури покриття і його якість.

Условия эксплуатации машин и оборудования предъявляют высокие требования к качеству, надежности и долговечности их деталей особенно при техническом обслуживании и ремонте. По мере износа деталей уровень их свойств, как правило, снижается. Это связано с тем, что при эксплуатации рабочей поверхности имеет место разупрочнение, снижение физико-механических свойств деталей, что ведет к накоплению и развитию повреждаемости (наклеп, микротрещины, отпуск, фазовые превращения, поры, графитизация и др.) изнашиванию и разрушению. У 90% деталей, особенно работающих в сопряжении, величина износа не превышает 1,0мм.

Наиболее доступным, с точки зрения оборудования и стоимости обработки, является электроискровой метод, который не приводит к структурным и физико-механическим изменениям в подслое, обеспечивает получение необходимой толщины слоя покрытия и не требует специальной экологической защиты.

Целью исследований является определение эффективных материалов для восстановления изношенной поверхности длинномерных деталей машин и агрегатов и разработка оптимальных параметров нанесения покрытия, обеспечивающих повышение их качества и потребительских свойств. Работа выполняется в рамках региональной программы "Важнейшие проблемы АПК на 1996-2005г.г."

Этот метод особенно эффективен для восстановления длинномерных деталей (отношение длины к ее диаметру – $l/d \geq 5$) – штоков турбин и гидроцилиндров сельскохозяйственных машин, поскольку не вызывает их коробления при обработке и этим полностью сохраняет (не повреждая) качество металла сердцевины, прошедшего специальную термообработку.

Известно большое количество электроискровых установок, разработанных различными специализированными фирмами, которые отличаются способами нанесения покрытий, типом и количеством используемых электродов, параметрами обработки, мощностью импульса и другими показателями.

В то же время по причине формирования при обработке значительной шероховатости, которая дополнительно возрастает при нанесении последующих слоев, не удастся получить качественное покрытие до 2,0мм на диаметр. Кроме

этого отсутствует информация об эффективном материале для нанесения покрытия на длинномерные детали и возможности изготовления из него электродов, оптимальные параметры обработки, прочность сцепления с основой, которая должна зависеть от предварительной подготовки поверхности детали, особенно если она была подвергнута химико-термической обработке при изготовлении. Нанесение компенсирующего покрытия методом ЭИО может быть использовано на различных ремонтных участках и специализированных предприятиях, поскольку оборудование легко монтируется на базе любого вращателя (металлорежущего станка).

При электроискровом наращивании металла перенос вещества с анода на катод происходит в жидкой и газообразной фазах, поэтому процесс не является стабильным и можно ожидать формирование различных фаз, доля которых будет существенно изменяться даже на отдельных участках покрытия детали.

Как показали исследования и результаты анализа априорной информации [1, 2, 3, 4, 5], наибольший прирост износостойкости достигается при нанесении покрытий из легированных материалов. Анод из таких материалов отличается и повышенной эрозионной стойкостью. Поэтому, было признано целесообразным, оценить эффективность и качество покрытий при электроискровом нанесении покрытий электродами из различных хромистых сплавов. Для исследований в качестве анода были специально изготовлены легированные сплавы, которые могут обеспечить высокую износостойкость, и приведены в табл. 1. Хромистые сплавы отличаются содержанием (в широких пределах) хрома и углерода.

Таблица 1. Специально изготовленные хромистые сплавы, использованные в качестве анода при ЭИО

Номер сплава	Содержание компонентов, %	
	C	Cr
1	2,5	30,0
2	0,5	10,0
3	2,5	10,0
4	0,5	30,0
5	0,5	15,7
6	1,0	17,3
7	1,5	20,0
8	2,0	20,0
9	1,5	10,0
10	1,5	30,0
11	1,5	15,7
12	1,0	30,0

Такой набор материалов выбран для того, чтобы оценить влияние химического состава анода при ЭИО покрытий на качество и привес катода (детали).

В качестве основных факторов, влияющих на привес катода, были выбраны следующие: концентрация углерода - C и хрома - Cr в металле анода; энергия импульса - E_n ; число проходов электрода - n. Каждому фактору присваивали два кодированных значения. Для выявления зависимости влияния рассмотренных факторов использовали метод планирования эксперимента.

Исходя из результатов лабораторных испытаний и анализа выборки (≈ 300

значений привеса катода) было получено уравнение регрессии (1), отражающее зависимость суммарного привеса катода $\sum_{l=1}^n \Delta k, \text{ г/см}^2$ от концентрации основных и легирующих элементов в материале обрабатываемого электрода, а также учитывающее влияние энергии импульса и числа проходов инструментом с коэффициентом корреляции $R \geq 0,9$.

$$\sum_{l=1}^n \Delta k = 1,11 \frac{\sqrt{C} \times E_u}{Cr^2} \times n - 0,02 \frac{E_u \times \sqrt{C}}{Cr} \times n^2 \quad (1)$$

где - C и Cr - соответственно содержание углерода и хрома в материале обрабатываемого электрода, мас.%;

- E_u - энергия импульса, Дж;

- n - число проходов электродом.

Получена номограмма (рис. 1), которая позволяет экспресс-методом оценить привес катода для разных значений C , Cr , E_u и n .

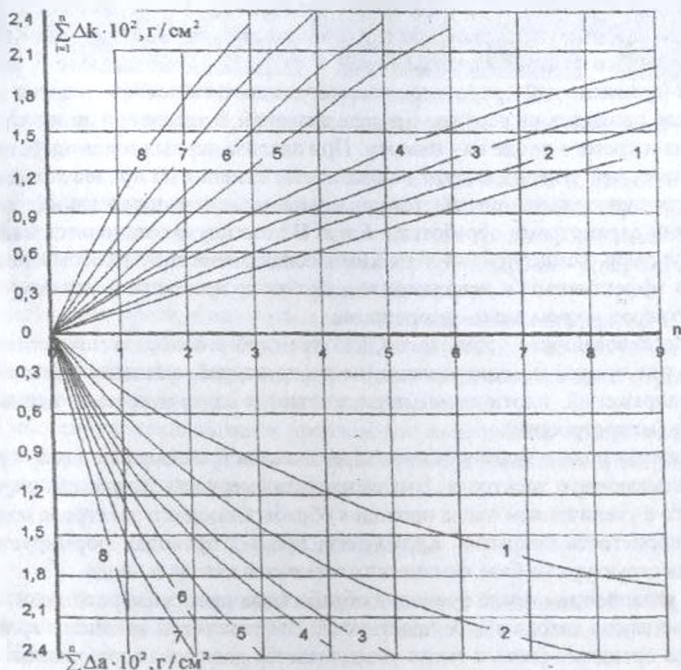


Рис. 1. Изменение массопереноса при фиксированной концентрации углерода (1,5%) и различном содержании хрома: 1, 3, 5, 7 - при $E_u=0,9$ Дж; 2, 4, 6, 8 - при $E_u=3,4$ Дж; кривые 1, 2 - образец 10 (30% Cr); кривые 3, 4 - образец 7 (20% Cr); кривые 5, 6 - образец 11 (15% Cr); кривые 7, 8 - образец 9 (10% Cr)

Величина $\sum_{i=1}^n \Delta k$ позволяет оценить толщину наносимого покрытия h :

$$h = \frac{\beta \times \sum_{i=1}^n \Delta k}{\rho} \quad (2)$$

где β – поправочный коэффициент, учитывающий несплошность покрытия, а также наличие пор и шероховатости ($\beta=0,9-0,97$);

- ρ - плотность материала обрабатываемого электрода, г/см³.

При фиксированном значении содержания углерода, равном 1,5%, получили, что с увеличением энергии импульса при обработке привеса катода существенно возрастает, однако в большей мере для материалов с пониженной концентрацией хрома.

При разработке оптимальных параметров наращиваемого слоя важно знать не только влияние каждого фактора в отдельности, но и – совместное. Известно, что в ряде случаев взаимное влияние может оказаться более значимым, чем роль каждого фактора в отдельности.

Максимальный прирост привеса катода достигается при энергии импульса и числе проходов на верхнем пределе значений, а также при концентрации углерода и хрома в аноде на - нижнем. При анализе парных взаимодействий было отмечено, что углерод и хром не оказывают влияния на привес катода, однако их роль значительно проявляется при совместном взаимодействии с технологическими параметрами обработки - E и n . В этом случае становится мало значимым уровень концентрации этих химических элементов. Поэтому может оказаться эффективным и использование не только хромистых сплавов, содержащих углерод и хром, но и - феррохрома.

Исследованиями установлено, что качество и свойства покрытия определяются не только массопереносом, но и структурой, фазовым составом, уровнем напряжений, плотностью (пористостью) и однородностью, наличием дефектов (микротрещин).

Важная роль в формировании качества слоя принадлежит числу проходов обрабатываемого электрода. Выявлена закономерность, свидетельствующая о том, что с увеличением числа проходов обрабатываемого электрода возрастает микропористость покрытия. Кроме того, при 1-3 проходах формируется дисперсная структура на базе химических элементов катода и анода.

С увеличением числа проходов обрабатываемого электрода доля химических элементов катода в слое практически отсутствует, и начинают кристаллизоваться оксидные фазы, а также увеличивается доля скоагулированных и обособившихся карбидных включений (рис. 2).

Появление последних связано с увеличением в слое доли карбидообразующего элемента из анода и уменьшением матричной фазы катода. Рост микропор, количества кристаллизующихся оксидных фаз на поверхности слоя особенно четко просматривается после трех проходов при $E_n=3,4$ Дж. В этом случае за счет разложения оксидных фаз при последующих проходах электрода фор-

мируются поры, что приводит к охрупчиванию покрытия.

При формировании слоя с числом проходов более трех проявляется кристаллизация неоднородной структуры. Особенно хорошо это видно после электролитического травления образцов.

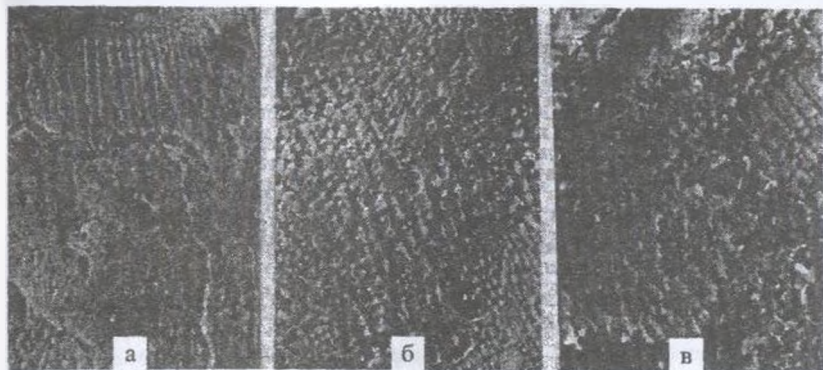


Рис. 2. Микроструктура покрытия ($\times 3700$):

а - 1 проход электрода; б - 3 прохода электрода; в - 6 проходов электрода

Как показали исследования (см. рис. 1), использование в качестве электродных - материалов с содержанием углерода 1,5-2,5% и хрома 10,0-15,0% не целесообразно использовать более 2-3^х проходов электродом. При этом обеспечивается достаточный привес катода. Чем выше концентрация углерода и хрома, тем раньше проявляется эффект "предельного слоя".

На основании проведенного комплекса исследований определены количественные параметры массопереноса при ЭИО в зависимости от материала анода и режимов обработки. Исследованы физические процессы, которые обуславливают формирование структуры покрытия и его качество.

Разработанную технологию и предложенную зависимость можно использовать для выбора материала и режимов обработки при нанесении электроискрового покрытия на длинномерные детали.

Список литературы

1. Электроискровое легирование металлических поверхностей. / Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Парканский Н.Я., Ревуцкий В.М. - Кишинев: Штиинца, 1985. - 196с.

2. Верхотуров А.Д., Муха И.М. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. - К.: Техника, 1982. - 181с.

3. Лазаренко Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей. - М.: Машиностроение, 1976. - 204с.

4. О распределении элементов в поверхностных слоях при электроискровом легировании. / Ревуцкий В.М., Душенко В.Ф., Гитлевич А.Е., Михайлов

В.В. // Электронная обработка материалов. - 1980. - №5. - С.41-43.

5. Коробейник В.Ф., Рудюк С.И., Коробейник С.В. Особенности формирования микротопографии структуры и субструктуры поверхностного слоя при электроискровом легировании// Электронная обработка металлов.- 1989.-№1.- С.15-17.

6. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И. Исследование влияния химического состава анода на величину и качество слоя, восстановленного электроискровым методом. // Сб. науч. тр.: Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин: - Харьков: ХГТУСХ, 1997. - С.75-81.

Аннотация

Нанесение покрытий методом ЭИО электродами с различным содержанием хрома

В работе приведены результаты исследований по определению количественных параметров массопереноса при ЭИО в зависимости от материала анода и режимов обработки. Исследованы физические процессы, которые обуславливают формирование структуры покрытия и его качество.

Abstract

Deposition of covers by a method electro spark processing by welding rods with the different contents of a chromium

In activity the outcomes of researches on definition of quantitative parameters removing of mass are adduced at electro spark processing depending on a stuff of an anode and treatment schedules. The physical processes are studied, which one cause formation of cover structure and its quality.