

УДК 621.9.048

Иванов В.И.¹, кандидат технических наук;

Игнатьков Д.А., доктор технических наук, профессор;

Коневцов Л.А.², кандидат технических наук

¹ *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение*

«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,

г. Москва, Российская Федерация,

² *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки*

Институт материаловедения Хабаровского научного центра

Дальневосточного отделения Российской академии наук,

г. Хабаровск, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ПРОЦЕССА И ДИСПЕРСНОСТИ СТРУКТУРЫ ИЗМЕНЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МАТЕРИАЛА КАТОДА

***Аннотация.** В статье приведены результаты выполненных экспериментальных исследований процесса электроискрового легирования (ЭИЛ) в направлении управления дисперсностью поверхностного слоя. Установлено наличие для каждого электрического режима широкого диапазона искровых импульсов по энергии разряда и длительности. Отмечено влияние на изменение размеров зерен технологических параметров ЭИЛ в исследованном диапазоне частоты импульсов 160...1600 Гц.*

Введение. Эксплуатационные свойства различных изделий (детали машин, инструменты) в значительной степени зависят от химического и фазового состава, структуры и свойств поверхностного слоя. При этом прочностные свойства связаны с дисперсностью структуры, т.е. размеров ее зерен. Уменьшение дисперсности структуры, вплоть до создания наноструктурированного слоя, способствует значительному улучшению физико-механических и химических свойств поверхностного слоя, положительно влияет на увеличение ресурса изделий. Эта проблема носит глобальный характер, решению ее посвящены исследования многих специалистов технически развитых стран [1-4].

В ранее опубликованной нами работе [5] приведены результаты анализа литературных данных и выполненных экспериментальных исследований по формированию ультрамелкозернистых (УМЗ) и нанокристаллических (НК) поверхностных слоев металлических материалов путем применения метода электроискрового легирования (ЭИЛ). Проведен анализ технологических параметров метода ЭИЛ, способствующих получению таких слоев, сформулированы основные принципы формирования УМЗ и НК структур этим методом. Данная работа направлена на развитие этих исследований.

Цель работы заключалась в определении возможности управления дисперсностью измененного поверхностного слоя (ИПС) при использовании ЭИЛ путем изменения энергетических параметров этого процесса.

Работа выполнена с учетом основных параметров, присущих этому методу (электрических, механических, физико-химических и временных) [5], управление которыми может обеспечить формирование НК и УМЗ поверхностных слоев металлических материалов.

Методика экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования включали энергетическую и металлургическую части. Первая часть работы выполнена с использованием методики определения энергетических параметров процесса ЭИЛ, основанной на техническом решении согласно патенту РФ на изобретение № 2482943 и описанной в [6]. Методикой предусмотрено выполнение компьютерной записи процесса ЭИЛ в течение фиксированного времени (принято 10 с), обработка полученных данных с помощью компьютерных программ Matlab и L-Graf и анализ полученной информации. Обработка ЭИЛ производилась на современной универсальной установке модели «БИГ-5» [7] с использованием электродов из модельных материалов (медь, вольфрам, титан, никель и др.) и твердых сплавов типа ТК, ВК и ТТК., материал катода – сталь 45.

Вторая часть работы заключалась в исследовании методом электронной микроскопии образцов с ЭИ покрытиями по их поверхности и поперечному сечению. Использовался сканирующий электронный микроскоп TM4000Plus.

Результаты исследований и их анализ. На рисунке 1 приведена обобщенная информация об импульсном процессе ЭИЛ, показывающая его характер. Показанные на рисунке 1 энергетические

картины, соответствующие разным условиям обработки в течение принятого базового времени (10 с), отражают значительное различие искровых импульсов по величине энергии и их распределению. В частности, различна в этих картинах насыщенность импульсами, которая возрастает с увеличением их частоты.

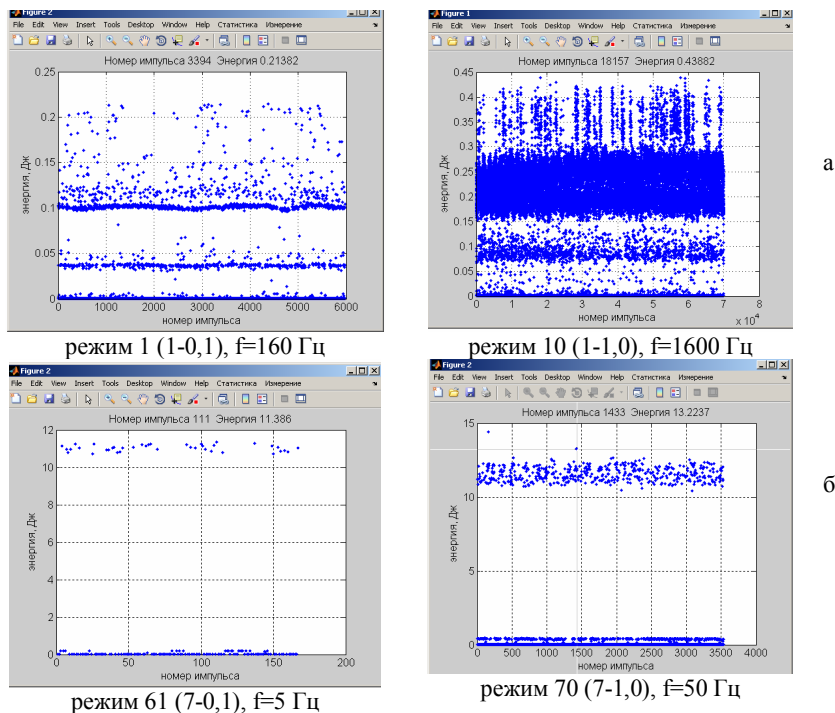


Рисунок 1 – Энергетические картины процесса ЭИЛ стали 45 твердым сплавом ВК8 при энергии импульсов E (Дж): а – 0,11; б – 10.

Говоря о неравномерности распределения импульсов в пределах всего диапазона их энергии, отметим, что они по величине энергии расположены зонами нижнего, среднего и верхнего уровней. Ряд исследованных электрических режимов состоят только из двух зон: нижней и верхней. Экспериментально установлено, что суммарное количество импульсов нижнего уровня составляет значительную долю в общем их числе (50...90 %), энергетический вклад их минимален.

В настоящее время отсутствуют сведения о степени влияния импульсов нижнего уровня на результаты обработки ЭИЛ, однако можно предположить, что наличие значительного количества их оказывает влияние на процесс формирования покрытия, способствуя повышению дисперсности его структуры.

Результаты металловедческих исследований образцов с ЭИ покрытиями дают основание утвердиться в правомочности такой гипотезы, требующей дальнейших целенаправленных исследований. В работе рассмотрено влияние энергии импульсов на дисперсность структуры ЭИ покрытия. На рисунке 2 приведены фотографии поперечных микрошлифов образцов после ЭИЛ на разных режимах установки «БИГ-5». Видно заметное различие по дисперсности поверхностного слоя – покрытия, связанное с величиной энергии искровых импульсов.

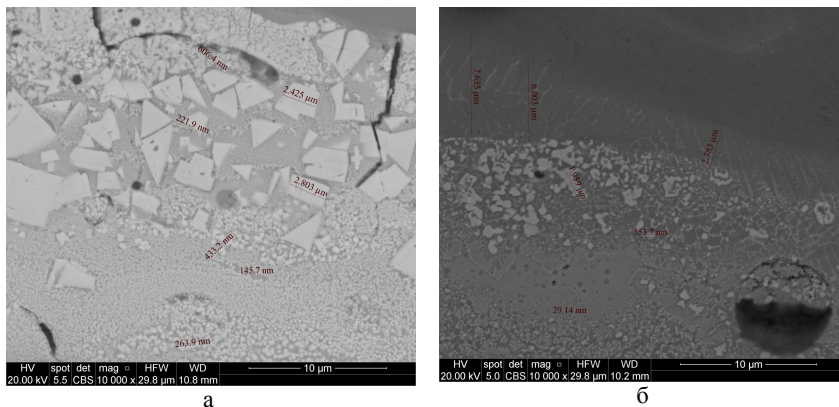


Рисунок 2 – Микроструктура поверхностного слоя стали 45 после ЭИЛ на установке «БИГ-5» (x10000), электрические режимы: а – № 11 ($E=0,22$ Дж, $f=120$ Гц); б – № 46 ($E=1,8$ Дж, $f=120$ Гц)

Изменением электрических параметров ЭИЛ на установке «БИГ-5» получена возможность управления размерами зерен кристаллической структуры поверхностного слоя покрытий твердым сплавом ВК8 на стали 45 от 700 до 40 нм, при этом доля НК зерен (<100 нм) в общем объеме составляла от 5 до 50 %.

Таким образом, установлено влияние на изменение размеров зерен технологических параметров ЭИЛ в исследованном диапазоне частоты импульсов 160...1600 Гц:

- ужесточение электрического режима (увеличение энергии импульсов) ведет в зависимости от теплофизических свойств материалов анода и катода как к повышению их размеров и снижению доли наноразмерных зерен, так и обратному результату;

- увеличение удельной длительности обработки способствует уменьшению зернистости;

- обработка методом ЭИЛ с использованием электродов из металлокерамического твердого сплава ВК8 (величина зерна 1-3 мкм) способствует измельчению карбидных зерен в покрытиях.

Результаты выполненных экспериментальных исследований позволили сделать **вывод** о возможности методом ЭИЛ управления дисперсностью поверхностного слоя детали, перспективности продолжения исследований в направлении создания этим методом функциональных НК и УМЗ покрытий.

Список использованной литературы

1. Drexler K. E. /Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation. – New York: Wiley, 1992. – 518 p.

2. Ten Wolde A. /Nanotechnology: Towards a Molecular Construction Kit. – Boston: New World Ventures, 1998. – 357 p.

3. Nanostructured Materials. / Ed. J. Yi-Ru Ying. – New York: Academic Press, 2001. – 350 p.

4. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – 2-е изд., испр. // М.: Физматлит, 2009. – 416 с.

5. Использование электроискрового легирования для управления кристаллической структурой поверхностных слоев металлов и сплавов / В.И. Иванов, А.Ю. Костюков, Л.А. Коневцов, Д.А. Игнатьков // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 7-8 июня 2017 г. - Минск, БГАТУ. – 2017. – 396 с. – С. 130-138.

6. Иванов В.И. Энергетические параметры процесса электроискровой обработки металлических поверхностей: методика определения параметров (на примере установки «БИГ-1») / Электронная обработка материалов, 2015, 51 (1), с. 105-113.

7. Иванов В.И., Гришко А.А. Электроискровая установка «БИГ-5» для универсального применения при упрочнении и восстановлении деталей и инструментов. / Упрочняющие технологии и покрытия, 2014, № 6, с. 20-23.

Abstract. The article presents the results of performed experimental studies of the process of electrospark alloying (ESA) in the direction of controlling the dispersion of the surface layer. The availability for each electric mode of a wide range of spark pulses for discharge energy and duration is established. The effect on the change in grain size of technological parameters of ESA in the investigated frequency range of pulses of 160 ... 1600 Hz is noted.

УДК 621.793

Миранович А.В., кандидат технических наук, доцент;

Мисько В.Г., старший преподаватель;

Василевский П.Н., магистр технических наук,
старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ УПРОЧНЕНИЕМ И ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований микроструктуры и свойств покрытий, полученных магнитно-электрическим упрочнением и лазерной обработкой.

Для упрочнения и восстановления пустотелых и нежестких деталей машин в условиях ремонтных предприятий применяются современные технологии, основанные на использовании концентрированных потоков энергии [1, 2]. К их числу относится магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (ФМП), обладающее такими достоинствами, как отсутствие специальной предварительной подготовки поверхности