

ным материалом / Под ред. Ю.Н. Дроздова. – М.: Машиностроение, 2011. – 239 с.

2. Дроздов Ю.Н., Маленко П.И. Структурно-фазовые превращения в поверхностных слоях сталей при трении скольжения // Трение и износ. – 2014. – Т. 35, № 1. – С. 87–98.

3. Rifkin J. XMD Molecular Dynamics Program [Electronic resource] // University of Connecticut, Center for Materials Simulation, Storrs, CT, 2002. – P. 104.

4. Baskes M.I. Modified embedded-atom potentials for cubic materials and impurities // Phys. Rev. B: Condensed Matter and Materials Physics. – 1992. – Vol. 46, № 5. – P. 2727–2742.

Миранович А.В., Акулович Л.М. Белорусский
государственный аграрный технический
университет, Минск, Беларусь

КАЧЕСТВО ПОКРЫТИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ

Известно [1, 2], что для магнитно-электрического упрочнения (МЭУ) обладающей такими достоинствами, как отсутствие специальной предварительной подготовки поверхности детали, незначительная зона термического влияния и высокая прочность сцепления покрытия с основным материалом детали, присущи недостатки – разнотолщинность и невысокая сплошность покрытий. Для устранения этого недостатка проведены исследования, направленные на стабилизацию процесса МЭУ путем разработки электромагнитных систем (ЭМС), которые обеспечивают согласованную во времени частоту и фазу следования импульсов напряжений источников внешнего электромагнитного поля (ЭМП) и технологического тока [2]. На основании результатов исследований разработана и изготовлена установка УНП-1 с ЭМС на основе постоянных магнитах и сварочного инвертора, обеспечивающая стабилизированные во времени технологические параметры режима нанесения износостойких покрытий [3]. В связи с этим с целью данной работы являлось изучение влияния стабилизированных технологических параметров МЭУ на качество формируемых покрытий.

Исследования проводились на цилиндрических образцах из стали 45 ГОСТ 1050-88 с покрытиями из ферромагнитных порошков (ФМП) Fe-Ti, Fe-2%V и ФБХ-6-2, полученными при МЭУ на установке модели УНП 1 на оптимальных режимах. Механическая обработка образцов с покрытиями производилась шлифованием на станке модели ЗБ12 кругами карбида кремния зеленого зернистостью 16–25. Толщина и сплошность покрытий оценивалась на шлифах поперечного среза при помощи светового микроскопа Мef-3 (фирма «Reichert-Jung»). Сплошность рассчитывалась как отношение длины участков с покрытием к общей протяженности исследуемого участка выраженное в процентах. Разнотолщинность покрытий определялась по разности максимальной и минимальной местных толщин покрытий образца.

В результате выполненных экспериментальных исследований установлено, что наибольшее влияние на показатели качества формируемых покрытий (сплошность и разнотолщинность) оказывает плотность разрядного тока, при оптимальных значениях (1,73–1,91 А/мм²) которого в процессе МЭУ обеспечивается равномерное распределение по поверхности образцов расплава материала ФМП и однородность наплавленных слоев по толщине покрытий. Выявлено, что повышение температуры в рабочем зазоре при наплавке за счет увеличения плотности разрядного тока от 1,2 до 2,0 А/мм² приводит к увеличению сплошности покрытий вследствие уменьшения расстояния между каплями расплава частиц ФМП на поверхности образцов. Дальнейшее повышение плотности разрядного тока более 2,0 А/мм² ведет к уменьшению сплошности покрытий, так как МЭУ при высоких значениях плотности разрядного тока сопровождается эрозией отдельных участков наплавленного слоя. Покрытия формируются с низкой сплошностью из-за наличия сквозной пористости.

Высокая сплошность покрытий из ФМП Fe-2%V и ФБХ-6-2 объясняется тем, что в процессе МЭУ происходит стабильное формирование в рабочем зазоре цепочек-микроэлектродов. В результате расплав ферромагнитных порошков равномерно распределяется по обрабатываемой поверхности. Меньшее количество и неустойчивое положение образованных цепочек-микроэлектродов из частиц порошка Fe-Ti увеличивает их подвижность в рабочем зазоре установки УНП 1. Вследствие этого покрытие формируется с хаотически расположенными на поверхности точечными вкраплениями. Следует отметить, что для покрытий из порошков ФБХ-6-2 и Fe-2%V в некоторых

случаях наблюдается повышенная однородность и плотность покрытий, при которых сплошность составляет около 100%.

Выявлено, что с увеличением плотности разрядного тока от 1,2 до 1,8 А/мм² разнотолщинность покрытий снижается. Но при увеличении плотности разрядного тока более 2,2 А/мм² происходит подплавление отдельных участков покрытий с увеличением высоты их микронеровностей. Изменение размеров частиц ФМП от 360 до 180 мкм приводит к снижению разнотолщинности покрытий в 1,8–2,0 раза.

Результаты экспериментальных исследований показывают (табл. 1), что средние значения сплошности, объемной пористости и разнотолщинности покрытий, полученных при МЭУ на оптимальных режимах, находятся в пределах 91,2–98,7 %, 3,0–7,0 % и 22–48 мкм соответственно.

Таблица 1 – Сплошность, толщина и разнотолщинность покрытий из ФМП

Материал ФМП	Средняя сплошность покрытий, %	Средняя толщина покрытий, мкм	Средняя разнотолщинность покрытий, мкм
Fe-Ti	91,2	243	48
Fe-2%V	97,9	294	24
ФБХ-6-2	98,7	289	22

Литература

1. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.

2. Технологические методы упрочнения и восстановления деталей автотракторной техники в электромагнитном поле / Л.М. Акулович и др. // Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка : сб. науч. тр. / Харківський нац. техн. ун-т с.-г. – Харьков, 2009. – Вып. 79. Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва. – С. 44–51.

3. К вопросу о стабилизации процесса электромагнитной наплавки / Л.М. Акулович, А.В. Миранович // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10–11 апреля 2013 г. – Мн.: БНТУ, МИНСКЭКСПО, 2013. – С. 4–6.