

# ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

*А.В. Миранович*

Научный руководитель – д.т.н., профессор *Л.М. Кожуро*  
*Белорусский государственный аграрный технический университет*

Одним из методов повышения надежности и срока службы деталей машин и механизмов является применение конструкционных материалов, которые обладают высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью, усталостной прочностью, ударной вязкостью и др. В машиностроительном и ремонтном производствах высокая долговечность связана с упрочнением и восстановлением деталей машин высокопрочными, износостойкими покрытиями, в частности, путем нанесения ферромагнитных порошков в электромагнитном поле на их поверхность [1].

Как известно [2], на структуру наплавленного металла, а значит и на его эксплуатационные свойства оказывает воздействие не только химический и фазовый составы покрытий, но и конструктивное исполнение отдельных рабочих органов устройств, влияющее на технологические параметры наплавки. Так, при изменении режима наплавки меняются процесс расплавления материала, геометрические характеристики наплавленного слоя, химическая макронеоднородность наплавленного слоя покрытия.

Поскольку применение в устройствах для наплавки в качестве источников магнитного поля в рабочем зазоре магнитотвердых материалов марки ЮНДК 24 (ГОСТ 9575) вместо электрических магнитов позволяет получить более качественное покрытие (пониженная шероховатость и пористость, стабильная и равномерная толщина нанесенного слоя, отсутствие трещин) [3], то представляет большой практический интерес сравнительная оценка эксплуатационных свойств покрытий по критерию износостойкости, ударной вязкости и усталостной прочности.

Исследования износостойкости покрытий, полученных наплавкой различными по химическому составу ферропорошками и обработанных при оптимальных условиях и режимах процессов, проводили на машине для испытаний материалов на трение и износ 2070 СМТ-1 по схеме “диск-колодка” линейным методом. Измерение образцов производили оптическим длинномером ИЗВ-1. Исследование усталостной прочности проводились при нагружении в условиях изгиба с вращением консольно закрепленного образца на машине типа У-20М. Ударную вязкость исследовали на копре с максимальным запасом энергии 65 Дж, испытанию подвергали образцы сечением 10×5 мм с U-образным концентратором глубиной 2 мм.

Результаты проведенных исследований показывают, что износостойкость сопряжений с покрытиями из порошков С-300, Fe-2%V, Fe-Ti, и ФБХ-6-2, нанесенных устройством с постоянными магнитами увеличилась по сравнению с износостойкостью сопряжений с покрытиями, нанесенными устройством с электрическими магнитами соответственно на 1,23; 1,25; 1,21 и 1,28 раза. Усталостная прочность и ударная вязкость для покрытий из ферропорошков С-300, Fe-2%V, Fe-Ti, и ФБХ-6-2 для постоянных магнитов по сравнению с электромагнитами увеличилась соответственно на 1,21 и 1,14; 1,25 и 1,11; 1,25 и 1,09; 1,35 и 1,17 раза.

Анализ результатов испытаний износостойкости, усталостной прочности покрытий, ударной вязкости образцов показывает, что разброс экспериментальных данных не превышает соответственно 4%, 6%, 7% для наплавки с применением постоянных магнитов и 8% (в отдельных случаях 10%), 11%, 14% для электрических магнитов, что свидетельствует об устойчивости и стабильности процесса нанесения покрытий в электромагнитном поле.

## **Литература**

1. П. И. Ящерицын, Л. М. Кожуро, А. П. Ракомсин и др. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле. – Мн.: ФТИ НАНБ, 1997. – 416 с.
2. Кожуро Л. М., Чемисов Б. П. Обработка деталей машин в магнитном поле. – Мн.: Навука і тэхніка, 1995. – 232 с.

3. Кожуро Л.М., Мрочек Ж.А., Миранович А.В. Повышение эффективности процесса электромагнитной наплавки // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии в машиностроении: Материалы межд. науч.-техн. конф., Мн., 26-30 мая 2003 г / Машиностроение. – Мн., 2003. – Вып. 19. – С. 97-100.

## **РОЛЬ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ В УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ И ВЫСОКОПРОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ**

*А.В. Миранович, Д.М. Шербо*

Научный руководитель – д.т.н., профессор *Л.М. Кожуро*  
*Белорусский государственный аграрный технический университет*

В устройствах для электромагнитной наплавки (ЭМН) композиционных порошков на железной основе энергия магнитного поля выполняет одну из основных ролей – удержание ферропорошка и формирование цепочек-электродов в рабочей зоне, устройств реализующих процесс [1].

Известно, что в качестве источников магнитного поля в рабочей зоне применяются электрические магниты на выпрямленном или пульсирующем токе, использование которых не позволяет получать однородное магнитное поле. Это обстоятельство приводит к формированию недостаточно качественного (поры, трещины, микровыступы) и неравномерного по толщине покрытия.

Вследствие этого магнитные системы, работающие на электрических магнитах и применяемые в устройствах для наплавки, не в полной мере удовлетворяют требованиям, необходимым для получения покрытий с требуемыми физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Поэтому совершенствование этих систем является актуальной задачей.

Так, для получения стабильных по толщине и высокопрочных покрытий необходимо близкое к однородному в пространстве и постоянное по времени магнитное поле в рабочем зазоре. Если требование однородности поля не будет достаточно точно выполняться, то формирование цепочек-электродов в исследуемой области рабочей зоне будет содержать трудноконтролируемые погрешности, связанные с неравномерным распределением величины индукции магнитного поля [2].

Известно [3], что величина индукции магнитного поля зависит не только от намагниченности магнитотвердого материала, но и от его формы. Поэтому в работе проводились исследования по оптимизации конструкции, габаритов и массы систем с постоянными магнитами. Для решения поставленной задачи использовались методы теории поля и моделирование магнитных систем на ПК. Задача расчета параметров магнитного поля в устройстве для ЭМН предполагала два этапа: 1) расчет поля системы постоянных магнитов; 2) расчет распределения намагниченности магнитопровода и вычисление поля, созданного металлом.

В результате проведенных исследований получены данные, позволившие создать магнитную систему установки на основе магнитотвердого материала ЮНДК 24 (ГОСТ 9575), которая обеспечивает в рабочей зоне однородное магнитное поле. Полученная форма магнитной системы позволяет сконцентрировать магнитный поток в рабочем зазоре и ослабить поле размагничивания. При этом стоимость устройств на постоянных магнитах почти в 3 раза ниже аналогичных на основе электрических магнитов, кроме того, магнитная система имеет компактный размер, практически не требует технического обслуживания и сложной системы управления, что обеспечивает ресурсо- и энергосбережение процесса упрочнения изделий.

С целью проверки эффективности применения созданной магнитной системы были проведены сравнительные испытания на установках с постоянными и электрическими магнитами. Полученные результаты исследований показали, что использование постоянных магнитов, позволяет повысить производительность наплавки до 25 %, снизить пористость