

одновременным введением ультрадисперсных алмазов (УДА). Размер частиц УДА – 300 нм.

**Методы проведения исследований.** Осаждение КП проводили с использованием хлористого электролита на постоянном токе с плотностью  $J_k = 20\text{--}80$  А/дм<sup>2</sup> в течении  $\tau = 1$  час при температуре  $t = 60\text{--}70^\circ\text{C}$ . Особенностью процесса является использование нестандартной анодной подготовки. Анодное травление производилось в хлористом электролите железнения с наложением ультразвукового поля с частотой 22 кГц.

В процессе осаждения для обеспечения равномерной концентрации частиц УДА в электролите производилось постоянное перемешивание.

Были сформированы покрытия при различном содержании УДА в составе электролита: №1 – 1,5 г/л, №2 – 3 г/л, и при плотностях тока 20, 40, 60, 80 А/дм<sup>2</sup>, температуре электролита – 60–70 °С и времени осаждения – 60 минут. После нанесения покрытий, они отжигались в течение часа при температурах 100, 200, 300 °С.

**Результаты и их обсуждение.** Введение частиц ультрадисперсного алмаза в состав гальванической ванны позволило сформировать КП на основе железа с включениями УДА. Результаты измерения микротвердости КП показали увеличение на микротвердости HV на 50..100 единиц. На основании металлографических исследований, можно говорить о зарастивании трещин при ее встрече с частицей УДА в материале покрытия.

### Литература

1. Якименко, Л.М. Электродные материалы в прикладной электрохимии. М.: Химия, 1977. – 264 с.

2. Пантелеенко, Ф.И. Формирование композиционных покрытий на основе железа при электрохимическом осаждении из растворов–электролитов с керамическими наполнителями / Ф.И.Пантелеенко, В.В.Саранцев, Е.Ф.Пантелеенко, Д.И.Боровик, Б.Б.Хина // Упрочняющие технологии и покрытия. – №4 (т.52) – 2009. – С.27–33.

УДК 621.762

## ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ И АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Ю.Н. Гафо<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., О.О. Кузнечик<sup>2</sup>, И.А. Сосновский<sup>1</sup>,  
А.В. Сосновский<sup>1</sup>, С.Е. Клименко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Объединенный институт машиностроения,

<sup>2</sup>Институт порошковой металлургии НАН Беларуси  
(г. Минск, Республика Беларусь)

Повышение эффективности процессов получения функциональных (износостойких, антифрикционных и коррозионно–стойких) покрытий на стальных

поверхностях деталей и инструмента является актуальной задачей для сварочного производства, решить которую можно электротермической наплавкой, осуществляемой с использованием установок индукционного нагрева и машин контактной сварки. С учетом этого, в результате совместных исследований, проведенных в Институте порошковой металлургии, Институте сварки и защитных покрытий, а также в Объединенном институте машиностроения, разработаны новые технические решения, включающие в себя:

– технологическое оборудование, в состав которого могут входить источник электротермического нагрева, привод перемещения и средства контроля и регулирования технологических режимов;

– технологические процессы индукционной центробежной наплавки и электроконтактной наплавки порошковых материалов на основе бронзы и самораспространяющихся сплавов на стальные поверхности.

Областями применения разработанных технологий и оборудования для электротермической наплавки порошковых материалов являются изготовление, восстановление и упрочнение покрытиями стальных деталей автотракторной, строительной, сельскохозяйственной, мелиоративной, буровой техники, железнодорожного транспорта, оборудования нефтехимической, перерабатывающей и станкостроительной промышленности.

Разработанные технологии электротермической наплавки порошковых материалов обеспечивают следующие технико-экономические преимущества:

- увеличение срока службы деталей;
- восстановление первоначальной геометрии поверхностей детали и инструмента;
- получение деталей и инструмента с заданными физико-механическими свойствами рабочих поверхностей;
- отсутствие операций предварительной и окончательной термообработки;
- возможность осуществления модернизации имеющихся технологических установок для электротермической наплавки порошковых материалов и обеспечение тем самым высокой окупаемости и низкой себестоимости получаемой продукции;
- экономия высоколегированных и цветных сплавов;
- экологическая чистота в условиях производства при внедрении разработанных технологических процессов.

Основу разработанных технологий электротермической наплавки порошковых материалов составляют индукционная центробежная и электроконтактная наплавка.

Исходным сырьем в разработанных технологиях служат порошки, стружка, гранулы, обрезки, прутки, отходы различных металлов и сплавов на основе меди, железа, никеля, вольфрама, например, БрОФ10–1, БрОЦС5–5–5, БрАЖ9–4, БрОС1–22, ПМС–1, ПР–Х4Г2Р4С2Ф, ПГ–СР1, ПГ–СР2, ПГ–СР3, ПГ–СР4, ПГ–УС25, ПГ–10Н–01, ПГ–10Н–02 и другие антифрикционные, износостойкие и коррозионностойкие материалы.

Разработанные технологии могут использоваться для получения подшипников скольжения, гильзовых втулок, втулок правильно-отрезных станков для правки арматурной проволоки, вкладышей подшипников скольжения насосов рефрижераторных установок, толкателей клапанов, пальцев, лопаток и скребков бетономешалок, рабочих органов почвообрабатывающих машин, алмазных правильных карандашей и заточных кругов и др.



**Рисунок 1 – Детали с функциональными покрытиями, полученные а – индукционной и б – электроконтактной наплавкой**

УДК 621.9 (075)

## **ПРОЦЕССЫ АЛИТИРОВАНИЯ И ДИФФУЗИОННОГО ХРОМИРОВАНИЯ СПЛАВОВ ВЖЛ2 И ВЖЛ16 ДЛЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ СУХОГО ТРЕНИЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

А.В. Беляков, канд. техн. наук, доц.  
ОАО «Всероссийский теплотехнический институт»  
(г. Москва, Российская Федерация)

Экстремальные условия, при которых происходит работа авиационных и космических летательных аппаратов, предъявляют исключительно высокие требования по надежности и ресурсу к деталям тяжело нагруженных узлов трения скольжения, изготавливаемых из сплавов ВЖЛ2 и ВЖЛ16. В настоящее время ресурс таких узлов трения, работающих при 500–700 °С составляет от 500 до 1000 циклов наработки. Действие комплекса многочисленных факторов (широкий диапазон температур (от –130 до 700 °С), работа в условиях воздушной атмосферы и глубокого вакуума, действие статических и динамических нагрузений) предопределяет малый ресурс деталей вследствие их износа.

В этой связи возникает актуальная задача повышения работоспособности тяжело нагруженных узлов трения скольжения. Решение этой задачи возможно при проведении исследований и научного обоснования упрочнения деталей.