

Таким образом, получены следующие положительные результаты при напылении тугоплавких порошков сверхзвуковым плазмотроном: сформирована плотная структура основного слоя различных составов покрытий (содержащих оксиды и бориды титана, хрома, алюминия, кремния, циркония); граница раздела сталь–напыленный слой характеризуется высоким качеством и композиционной структурой.

621.793

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМОТРОНА УШР–2 ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ**

Н.А. Руденская<sup>1</sup>, С.А. Соболев<sup>2</sup>, М.В. Руденская<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Технопарк БНТУ «Политехник», <sup>2</sup>Минский подшипниковый завод  
(г. Минск, Республика Беларусь)

Для стандартных плазмотронов установок УПУ–3Д, УМП–8 по техническим характеристикам ограничена номенклатура порошков, применяемых для восстановления и упрочнения деталей, подверженных воздействию износа, коррозии, высоких температур, механических нагрузок.

В качестве образца новой техники, позволяющего расширить возможности используемых для напыления дисперсных материалов и по их химическому составу, и по размеру частиц, был выбран плазмотрон УШР–2 конструкции Сн–Петербургского института «Мортеплотехника».

Исходный порошок для напыления взят из группы материалов типа «оксидная керамика», способных к аморфизации, с целью более наглядного выявления структурных превращений в частицах под воздействием плазменного потока

Эксперимент проводили в две стадии следующим образом: на первой стадии в плазменном потоке обрабатывали частицы порошков как монодисперсных, так и полидисперсных с помощью двух плазмотронов (стандартного УМП–8 и УШР–2) с закалкой частиц в воду. При этом оценивали эффективность сфероидизации порошков, степень их аморфизации. Далее с использованием также двух плазменных генераторов формировали покрытия, определяя коэффициент использования порошков (КИП), и затем исследовали пористость и микроструктуру напыленных слоев.

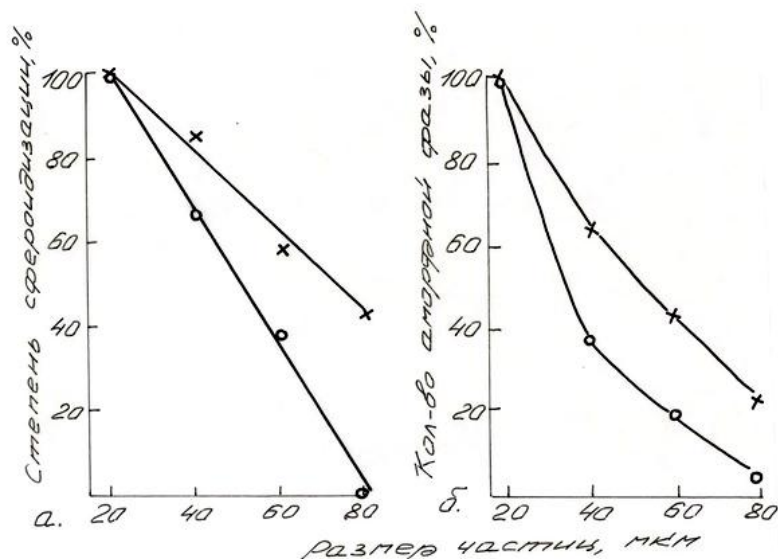
Сравнительный анализ порошков и соответственно покрытий из них, обработанных в разных плазменных потоках, показал, что использование плазмотрона УШР–2 позволяет достичь следующих результатов:

– существенно повысить выход сферических частиц (для полидисперсного порошка от 58 до 89 %),

– увеличить количество аморфной фазы в микрокомпозите (для полидисперсного порошка от 28 до 47 %),

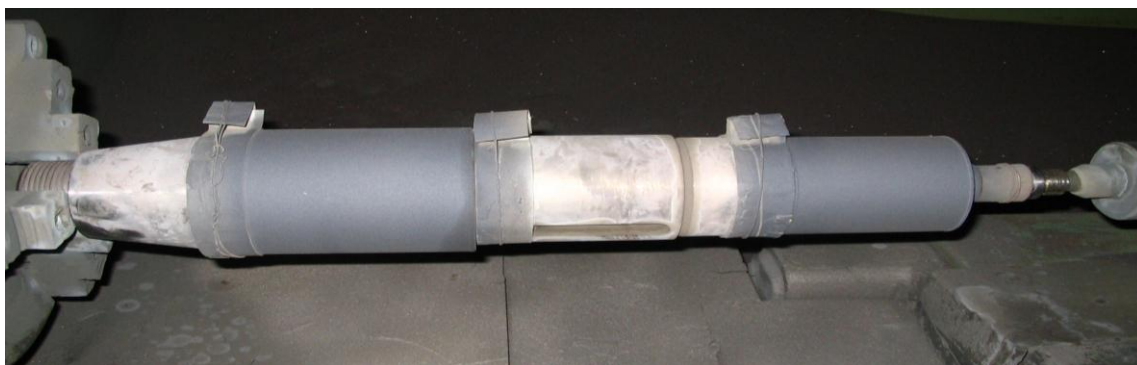
- повысить КИП (с 55 до 68 %),
- улучшить качество напыленных покрытий за счет снижения пористости с 11 до 2 %.

На рисунке 1 представлены зависимости степеней сфероидизации и аморфизации частиц порошка оксидной керамики от их размера, обработанных по двум технологиям. Исследования свидетельствуют о том, что наибольшая эффективность по выходу сфероидизированного продукта и по содержанию аморфной фазы в нем достигнута при использовании плазменного генератора УШР-2.



**Рисунок 1 – Влияние размера частиц на степень их сфероидизации (а) и эффективность аморфизации (б): x – плазмотрон УШР-2; o – плазмотрон установки УМП-8**

В результате выработанных рекомендаций плазменный генератор УШР-2 был установлен на участке восстановления изношенных деталей методами наплавки и плазменного напыления Минского подшипникового завода. Единица новой техники успешно прошла промышленные испытания, которые проводили не только с целью восстановления, но и для упрочнения деталей, например, валков металлургического производства фирмы Vex Engineering CO.,LNL (Южная Корея), выполненных из стеллита, весом до 20 кг.



**Рисунок 2 – Шпиндель, восстановленный напылением порошка оксидной керамики с помощью плазмотрона УШР-2**

В настоящее время плазменный генератор УШР–2 внедрен в технологический процесс восстановления керамическими покрытиями шпинделей бесцентровошлифовальных станков моделей 3180, «SWaATM–63» (рисунок 2) по программе завода.

УДК 621.785.5

## **ПОВЫШЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕЗОЛОВЯНИСТЫХ БРОНЗ ДИФфуЗИОННЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ**

О.П. Штемпель, А.Л. Лисовский, С.Ф. Денисенко  
Полоцкий государственный университет  
(г. Новополоцк, Беларусь)

Широкое применение в качестве антифрикционных материалов получили дорогостоящие оловянистые бронзы, имеющие положительный градиент механических свойств. Однако, в связи с отсутствием собственной сырьевой базы в республике, становится актуальным вопрос о замене дорогостоящих материалов на основе меди более дешевыми, без существенного снижения эксплуатационных свойств.

Существует большой резерв влияния на триботехнические характеристики металла за счет легирования поверхностного слоя. В связи с чем, становится возможным получение поверхностных слоев с высоким уровнем антифрикционных свойств на деталях, изготовленных из менее дефицитных материалов, таких как безоловянистые бронзы. Традиционно используют следующие методы повышения износостойкости безоловянистых бронз: диффузионное поверхностное легирование, контактное легирование и лазерная химико–термическая обработка [1, 2].

Цель работы – повышение комплекса триботехнических характеристик безоловянистых бронз методом диффузионного легирования поверхностного слоя.

В качестве материала для изготовления образцов использовали алюминиевую бронзу марки БрАЖН–9–9–4. Металлографические исследования антифрикционных материалов, проводили на комплексе Nikon EpiPhot 200 ВD. Микротвердость упрочненных слоев после диффузионного поверхностного легирования измеряли на приборе “ПМТ–3”. Износостойкость оценивали по потере веса испытываемого образца при трении скольжения с граничной смазкой на машине трения СМЦ–2 по схеме “вал–вкладыш” при удельной нагрузке  $P = 5$  МПа и относительной скорости  $V = 3$  м/с. Для смазки использовали смазку Литол–24.