

В производстве наблюдается сплошное нанесение покрытий на стержни клапанов и шлифование фасок для устранения биения. Однако измерения показывают, что доля годных клапанов по стержням двигателей ЗМЗ-53 составляет 38,5...87,5% и двигателей Д-240 – 80,0%, по биению фаски – 15,8% и по высоте цилиндрических поясков – 22,8%. Стержни впускных клапаны изнашиваются более интенсивно по сравнению со стержнями впускных клапанов.

На основании сведений, полученных в работе, устанавливают долю годных деталей, используемых без восстановительных работ, объемы восстановления деталей и соответствующие затраты труда, потребность в запасных частях.

**УДК 621.691**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХЗВУКОВОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Н. А. Руденская**

*Технопарк БНТУ «Политехник», Минск*

**Н. В. Соколова**

*Полоцкий государственный университет, Новополоцк*

**К. Й. Чой, А. В. Новоселов, М. В. Руденская**

*Техплазма, Дмитров*

*Работа посвящена качественной оценке структуры керамических покрытий, сформированных с использованием сверхзвукового плазменного генератора.*

Плазменные генераторы для нанесения покрытий выбирают исходя из состава, дисперсности исходных порошков и тех свойств, которые требуется придать покрытию. Широкие возможности современных плазмотронов позволяют успешно напылять различные виды и составы микрокомпозиций.

Цель работы состоит в реализации сверхзвуковой плазмы для напыления тугоплавких порошков в чистом виде и с минимальным содержанием компонента связки.

В качестве исходных материалов использовали керамические порошки: оксидные и боридные композиции. Порошки на основе боридов подвергали предварительной сфероидизации. Порошки наносили на стальные образцы с помощью дозвукового (покрытия Д) и сверхзвукового (покрытия С) плазмотронов. Материалом подслоя был выбран сплав Ni-Al.

Рассмотрим особенности структурообразования покрытий, содержащих оксиды и бориды. Сравнительный анализ микроструктуры свидетельствует о том, что покрытия, сформированные по технологии Д, характеризуются слоистой структурой. Покрытия, полученные по технологии С, имеют структуру композита: в материале матрицы равномерно распределены включения неправильной формы, их количество и размер увеличиваются при переходе от  $\text{Al}_2\text{O}_3$  к оксидной керамике № 1 и № 2 (рис. 1). Слоистость материала матрицы обнаружена лишь в варианте с керамикой № 2.

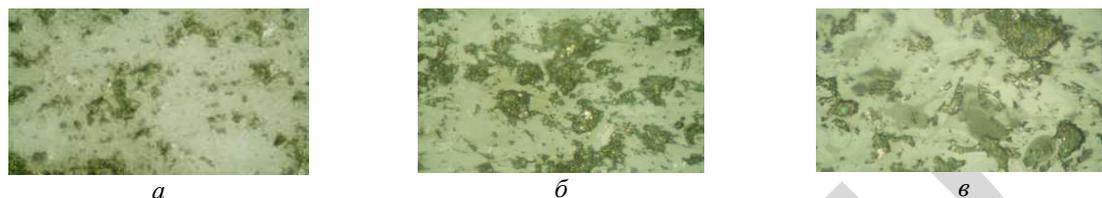


Рис. 1. Микроструктура оксидно-керамических покрытий:  
*a* –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; *б* – керамика № 1; *в* – керамика № 2

Результаты микрорентгеноспектрального анализа покрытий, полученных из порошков  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$  и сформированных при сверхзвуковом напылении, свидетельствуют о том, что матричный материал характеризуется слоистой структурой, зафиксированную только микрорентгеноспектральным методом (рис. 2).

Аналогичные результаты получены при сверхзвуковом напылении порошков типа «оксидная керамика» (рис. 3). В матричном материале на основе титана распределены слоистые и неправильной формы включения различных оттенков: светлые слои состоят из оксида алюминия; светло-серые и серые представляют собой алюмосиликаты переменного состава; включения темные –  $\text{SiO}_2$ .

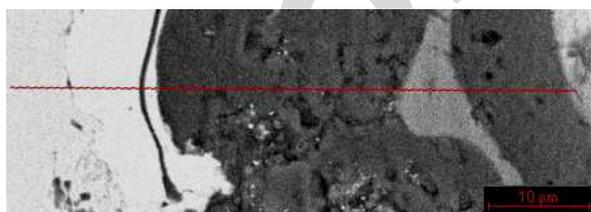


Рис. 2. Микроструктура покрытия, полученного из стандартного порошка  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$

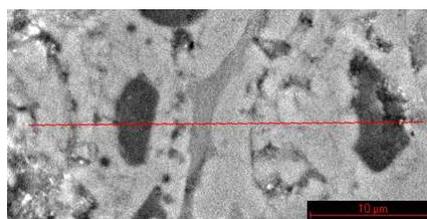


Рис. 3. Микроструктура покрытия, полученного из порошка «оксидная керамика»

Исходные порошки в виде микрокомпозитов на основе боридов хрома и титана перед напылением подвергали предварительной сфероидизации, чтобы придать частицам не только сферическую форму, но и плотную структуру, поскольку исходные бориды характеризуются развитой поверхностью и высокой пористостью. Получены зависимости выхода сферического продукта при обработке в низкотемпературной плазме этих ма-

териалов от размера исходных частиц. Исследования эффективности сфероидизации порошков показали, что композиции, содержащие  $\text{CrB}_2$ , отличаются более высоким выходом сферического продукта в сравнении с порошками, в состав которых входит  $\text{TiB}_2$ . Это отразилось на структуре покрытий, которые состоят из деформированных и исходных частиц (рис. 4). В варианте составов с  $\text{CrB}_2$  исходные частицы в напыленном слое имеют сферическую форму (рис. 4, *a*).



Рис. 4. Микроструктура покрытий, содержащих дибориды: *a* – хрома, *б* – титана

В структуре  $\text{TiB}_2$ -содержащих покрытий отмечено присутствие исходных частиц как сферической, так и неправильной формы (рис. 4, *б*). Кроме того, в покрытиях с диборидом титана имеются участки, соответствующие по составу  $\text{TiO}_2$ . Оксидные фазы распределены в основном вокруг боридных включений (рис. 4, *б*), что свидетельствует о протекании интенсивного окисления. Насыщение материала кислородом происходит, главным образом, в процессе напыления порошка, так как сфероидизацию проводят в защитной среде.



Рис. 5. Микроструктура границы раздела боридных покрытий со стальной основой

Вторая часть исследований посвящена границе раздела покрытий со стальной подложкой. Здесь следует отметить, что все покрытия характеризуются высоким качеством этой зоны (рис. 5).

Необходимо отметить, в области материала подслоя присутствуют как слои, так и исходные частицы материала основного слоя покрытия. Это позволяет утверждать о перемешивании материалов основного слоя и подслоя в процессе формирования покрытия. Таким образом, в процессе напыления покрытий сначала формируется композиционный слой из материалов подложки и подслоя, а затем в этом композиционном слое появляются включения и тонкие слои из материала основного слоя покрытия (см. рис. 2, 5). На примере покрытий из  $\text{CrB}_2$  наблюдается присутствие фрагментов подслоя в основном слое (см. рис. 5). Это возможно только в результате развития частицами высоких скоростей в потоке плазмы. Сравнительный анализ боридных покрытий показал, что  $\text{CrB}_2$ -

содержащие слои отличаются высоким качеством как по высоте напыленного слоя, так и по границе раздела со сталью.

Таким образом, получены следующие результаты при напылении тугоплавких порошков сверхзвуковым плазмотроном: сформирована плотная композиционная структура основного слоя различных составов покрытий (содержащих оксиды и бориды Ti, Cr, Al, Si, Zr); граница раздела сталь – напыленный слой характеризуется также высоким качеством и композиционной структурой. Впервые получены плазменные покрытия из боридных порошков без материала связки.

**УДК 621.9**

## **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ «ТВЕРДОЕ» ТОЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ СПЛАВОВ**

**С.А. Клименко, Ю.А. Мельнийчук, А.С. Мановицкий, А.С. Манохин**  
*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля*  
*НАН Украины, Киев*

*Представлены практические примеры высокоэффективного «твердого» точения деталей из закаленных сталей, высокомарганцовистой стали, отбеленных чугунов, твердых сплавов, с наплавленным и напыленным покрытием инструментами, оснащенными ПСТМ на основе КНБ.*

Для лезвийной обработки деталей из труднообрабатываемых сплавов эффективно применение резцов, оснащенных поликристаллическими сверхтвердыми материалами (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ). Они обеспечивают шероховатость  $Ra$  0,32 – 0,63, что в ряде случаев позволяет исключить процесс шлифования. Такая технология получила название – «твердое точение». В сравнении со шлифованием «твердое точение» обеспечивает увеличение производительности в 3 – 4 раза, позволяет существенно снизить энерго- и трудозатраты, расходы на оборудование и инструмент, повышает экологическую безопасность производства.

В Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины (ИСМ) разработаны ПСТМ «киборит» и «борсинит», организовано производство сменных многогранных неперетачиваемых пластин (СМНП) из них (формо-размеры соответствуют стандарту ISO 1832–85) и инструментов на их основе.

Ниже представлены примеры высокоэффективной обработки деталей из труднообрабатываемых сплавов разработанным инструментом.