

discharge //Problems of atomic science and technology.-2008.-№6. - P.156-158.

3. Тутык В.А., Гасик М.И. Особенности получения покрытий с использованием низковакуумных газоразрядных электронных пушек //Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2008.- №7.– С.240-244.

4. Liang P., Dupin N., Fries S.G. Thermodynamic Assessment of the Zr-O Binary System //Z. Metallkd. 2001. v.92.-№ 7, P. 747-757.

### ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЕ БОРИРОВАНИЕ НИЗКОВАКУУМНЫМИ ГАЗОРАЗРЯДНЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПУШКАМИ

*Тутык В.А., Гасик М.И.*

*Национальная металлургическая академия Украины*

Использование высокоэнергетических электронных пучков для оплавления, испарения и наплавки порошковых материалов позволяет создавать материалы с новыми уникальными эксплуатационными свойствами, обладающими высокой твердостью и износостойкостью [1, 2].

Реализации этой технологии на основе термоэлектронных пушек, работающих в высоком вакууме при давлениях ниже 10-3 Па, для реализации этой технологии затруднено из-за наличия газовыделения. Представляет практический интерес осуществление электронно-лучевого технологического процесса (ЭЛТП) наплавки и оплавления порошковых материалов в низком вакууме при более высоких давлениях (выше 10 Па). Это позволяет с одной стороны упростить вакуумное оборудование, снизить его стоимость, уменьшить время технологического процесса, а с другой стороны осуществлять оплавление в остаточной атмосфере реакционного газа.

Целью настоящей работы является физико-химическое и экспериментальное обоснование возможности использования карбида бора как боризатора стали при воздействии высококонцентрированной энергии пучка электронов, в относительно низком вакууме до 133 Па.

В Национальной металлургической академии Украины на кафедре физики разработаны низковакуумные газоразрядные электронные пушки (НГЭП) с полым анодом работающие в низком вакууме (при давлениях более 10 Па) и проводятся работы по использованию их в электронно-лучевых технологических процессах [2, 3].



Рис.1. Низковакуумная газоразрядная электронная пушка с полым анодом



Рис.2. Микроструктура борированного слоя и подложки Ст.20, полученная при  $P_{уд} = 10^8 \text{ Вт/м}^2$ ;  $V_{ск} = 0,09 \text{ м/с}$

В представленной работе приведены данные по исследованию микроструктуры покрытия, полученного в результате электронно-лучевой обработки НГЭП поверхности стальной подложки, покрытой порошкообразным мелкокристаллическим слоем карбида бора В4С и сделана попытка проанализировать и объяснить эти результаты. Процесс формирования покрытия электронным пучком протекает при высоких скоростях нагрева и охлаждения ( $V_{но} = 6 \cdot 10^3 \dots 8 \cdot 10^4 \text{ К/с}$ ), что накладывает свои особенности на формирование структуры оплавленного покрытия. Рентгенофазовый анализ оплавленного слоя обнаружил присутствие боридов  $FeB$ ,  $Fe_2B$ . Покрытие имеет градиентную структуру по глубине наплавленного слоя. Данные РСМА показывают увеличение боридов железа ( $FeB$ ,  $Fe_2B$ ) в покрытии от подложки к его поверхности. Исследования структуры покрытия позволяют выделить три характерные зоны: внешнюю, центральную и переходную, отличающиеся видом, свойствами и характером микроструктуры, которая в значительной степени зависела от параметров электронного пучка и времени обработки.

Распределение микротвердости неодинаково по толщине покрытия. Во внешней зоне 1 преобладают бориды имеющие твердость в диапазоне 7...10 ГПа. В центральной зоне 2 концентрация боридов уменьшается, возникают дендриты аустенита, и микротвердость снижается до значений 3...4 ГПа. В переходной зоне 3 преобладает ферритная составляющая и происходит снижение микротвердости покрытия до микротвердости подложки. Разброс

микротвердости связан с различием свойств подложки и упрочняющих боридных фаз

На основе анализа полученных микроструктур выявлены закономерности их образования при электронно-лучевом оплавлении и возможности управления технологическим процессом для получения боридных покрытий с заданными эксплуатационными свойствами

Полученные в работе результаты показали эффективность использования для электронно-лучевого борирования поверхности стальных изделий газоразрядных электронных пушек с полым анодом и холодным катодом, работающих в низком вакууме в диапазоне давлений 10...133 Па.

Применение их открывает возможности создания простых электронно-лучевых установок для модификации поверхности деталей машин и инструмента.

#### Литература

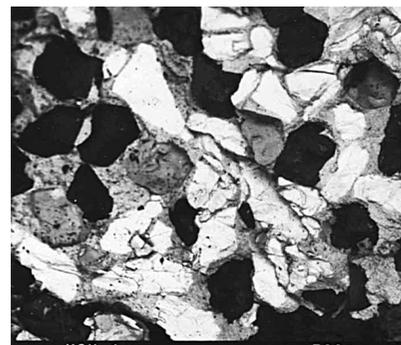
1. Шиллер З., Гайзиг У., Панцер З. Электронно-лучевая технология. Пер. с нем. – М.: Энергия. 1980. – 528 с.
2. Тутык В.А. Газоразрядная электронная пушка для низко вакуумных электронно-лучевых технологических процессов обработки металлов // Теория и практика металлургии. – 2007. - №2-3 (57-58). - С.138-143.
3. Тутык В.А., Гасик М.И. Исследование процесса оплавления жаропрочного покрытия на основе двуокиси циркония газоразрядной электронной пушкой // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2007.- №1.- С.23-27.

## АЛМАЗНО-ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ ГРАНУЛЫ ДЛЯ АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

*Новиков Н.В., Майстренко А.Л., Прокопив Н.М.*

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины*

Последние десятилетия при создании износостойких абразивных инструментов широко пользуются достаточно простой и доступной технологией, заключающейся в формировании гранул, которые не только улучшают однородность распределения абразивных частиц в объеме композита, но и существенно повышают технологичность изготовления инструментов. Особенности преимущества использования гранул проявились в алмазных породоразрушающих инструментах. Так, в частности, для алмазных буровых долот, функциональные элементы из композиционных алмазосодержащих материалов (славутич и твесал), которые спекаются методом горячего прессования в графитовых прессформах при температуре 1400°C, которая существенно выше температуры графитизации алмаза ( $T = 1000^\circ\text{C}$ ) – рис.1. Это обстоятельство играет решающую роль в износостойкости этих инструментов, ввиду того, что приводит к деградации структуру алмазов и снижению их прочностных свойств.



*а*



*б*

Рис. 1. Состояние алмазов в структуре секторов алмазной буровой коронки БС-17, полученных методом инфильтрации в среде водорода ( $T = 1180^\circ\text{C}$ ):  
а – поверхностная графитизация алмазов; б – разрушение зерен алмаза

В Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины создана технология гранулирования алмазов в оболочки из твердых вольфрамо-кобальтовых сплавов (рис. 2). В нашем случае алмазы гранулируются твердыми сплавами ВК6 или ВК15, после чего гранулы спекаются в вакууме. В спеченном состоянии гранулы приобретают ряд очевидных преимуществ в применении и удобств при хранении. Кроме этого, алмазная