

Руденская Н.А.

## ПЛАЗМЕННЫЕ И ДЕТОНАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ С ПОВЫШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Таблица 1. Структура композиционных покрытий

| Состав, (способ нанесения покрытия)                    | Микроструктура; микротвердость $H_{50}$ , кг/мм <sup>2</sup><br>(* -измерения при нагрузке 100 г)   |   |
|--|---|---|
|  | Покрытие  | Тугоплавкая добавка, микротвердость (характер расположения в покрытии)              |
| 1. $\text{CrB}_2$ + стеллит (плазменный)               | 1. Белый нетравящийся слой $\gamma$ -твердого раствора, прилегающий к подложке; 260-487.<br>2. Слой с зернами округлой формы; 381-1006.<br>3. Основной слой: твердый раствор, 466-946; эвтектика, 677-1314.<br>4. Поверхностный слой: твердый раствор, 644-946; эвтектика, 1225-1524. | 1575-2858 (увеличение концентрации к свободной поверхности покрытия)                |
| 2. $\text{TiB}_2$ + стеллит (плазменный)               | 1. Белый нетравящийся слой $\gamma$ -твердого раствора, прилегающий к подложке; 286-396.<br>2. Слой с игольчатой структурой; 381-613.<br>3. Основной слой: твердый раствор, 429-946; эвтектика, 1006-1448.  | 1648-3139 *(увеличение концентрации к свободной поверхности покрытия)               |
| 3. $(\text{TiCr})\text{B}_2$ + стеллит (плазменный)    | 1. Белый нетравящийся слой $\gamma$ -твердого раствора, прилегающий к подложке; 381-412.<br>2. Слой с зернами неправильной формы; 392-412.<br>3. Основной слой: твердый раствор, 429-1006; эвтектика, 1072-1225.  | 2853-3894* (увеличение микротвердости к свободной поверхности напыленного слоя)     |
| 4. $(\text{TiCr})\text{B}_2$ + стеллит (детонационный) | Твердый раствор, 713-1006; эвтектика, 1072-1225.  | Белые включения, 1788-3894*; серые включения, 1314-2853 (равномерное распределение) |

**Введение.** Технологии газотермического нанесения покрытий занимают ведущие позиции в промышленности стран с развитой экономикой, так как снижают затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования и машин по сравнению со стоимостью новых единиц техники [1-2].

Методы детонационный и плазменный в динамическом вакууме позволяют формировать слои, отличающиеся высокими адгезионной прочностью и сплошностью, а по технико-экономическим показателям (при оптимальном техническом оснащении) превосходят газопламенное напыление гибкими шнуровыми материалами на установке «Сибер Жет», плазменное (на установке УПУ-3Д), газопламенное (на установке УПН-8-68), газопламенное сверхзвуковое [3-4].

В данной работе представлены результаты изучения структуры газотермических покрытий (плазменных и детонационных) на основе стеллита (Co-Ni-Cr-B-Si сплава) марки ПГ-10-К-01с тугоплавкими добавками в виде боридов  $\text{CrB}_2$ ,  $\text{TiB}_2$ ,  $(\text{TiCr})\text{B}_2$ . Упрочняющая добавка была предварительно модифицирована в соответствии с требованиями к напыляемым порошкам по форме и структуре. Покрытия наносили на подложку из стали 5ХНМ. Исследования микроструктуры композиционных покрытий показали, что после детонационного напыления не происходит расслоения материала покры-

тия на отдельные зоны, частицы упрочняющей фазы чередуются со слоями стеллита, тугоплавкая добавка равномерно распределена по высоте покрытия. В плазменных покрытиях наблюдается расслоение материала на несколько зон:

1. Нетравящийся слой  $\gamma$ -твердого раствора (сплошной или в виде цепочки зерен, толщиной 2,5 – 8 мкм);
2. Слой с зернистой или игольчатой структурой (толщиной 37,5 – 62,5 мкм);
3. Основной слой;
4. Поверхностный слой (для композиции с  $\text{CrB}_2$ , толщиной 87,5 мкм).

**Методика и результаты исследований.** Главным отличием микроструктуры покрытий с тугоплавкими упрочняющими компонентами в виде боридов  $\text{CrB}_2$ ,  $\text{TiB}_2$ ,  $(\text{TiCr})\text{B}_2$  является количество слоев в покрытии, различающихся в свою очередь структурой. Покрытия, содержащие диборид хрома, состоят из четырех структурных зон, а покрытия, содержащие  $\text{TiB}_2$  и  $(\text{TiCr})\text{B}_2$ , состоят из трех структурных зон (табл. 1). Вторая отличительная черта плазменнонапыленных покрытий - это характер распределения тугоплавкой составляющей, которая сосредоточена в основном слое и концентрация боридных частиц в большинстве случаев возрастает к

*Руденская Наталья Александровна, главный научный сотрудник УП «ТЕХНОПАРК» Белорусского национального технического университета «МЕТОЛИТ».*

*Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.*

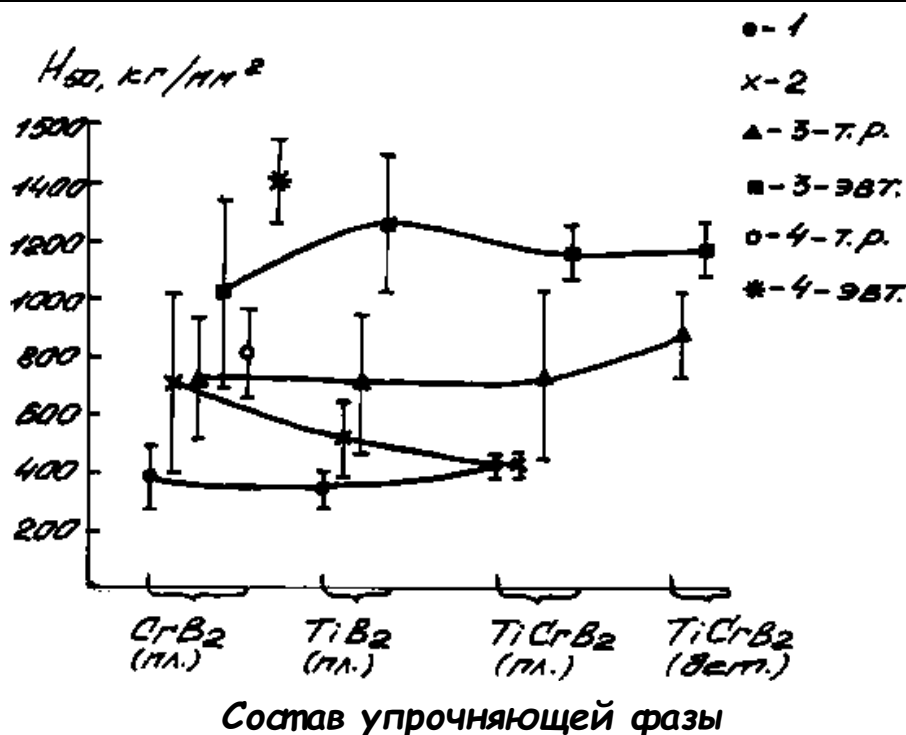


Рис.1. Зависимость микротвердости плазменных и детонационных покрытий от состава упрочняющей фазы.

поверхностной зоне покрытия. Рассмотрим особенности микроструктуры всех напыленных слоев в направлении от границы раздела со сталью к свободной поверхности покрытия. Состояние границы раздела покрытий с подложкой во всех вариантах составов монолитное, поры отсутствуют. Микротвердость границы раздела возрастает при переходе от  $\text{CrB}_2$  (260 – 487 кг/мм<sup>2</sup>),  $\text{TiB}_2$  (286 – 340 кг/мм<sup>2</sup>) к  $(\text{TiCr})\text{B}_2$  (412 – 429 кг/мм<sup>2</sup>), достигая максимального значения в детонационном покрытии (891-946 кг/мм<sup>2</sup>). Объяснением этого являются распределение твердых зерен в покрытии и их взаимодействие со сплавом основы. В детонационном покрытии частицы упрочняющего компонента расположены непосредственно на границе раздела с основным металлом, тогда как при оплавлении плазменнонапыленных покрытий между этими зонами формируются, как правило, один или два промежуточных слоя. Кроме того, большую роль в снижении микротвердости приграничной зоны в последнем случае играет диффузия железа из материала подложки.

**Выводы.** Реализованы плазменный и детонационный способы нанесения покрытий с высокой адгезионной прочностью и плотностью на детали машин. Проведены уравнения физических покрытий с покрытиями, полученными газопламен-

ным напылением с применением гибких шнуровых материалов. Изучены сложные структуры покрытия на основе стеллита марки ПГ-10-К-01с с тугоплавкими добавками. Выявлено, что покрытие имеет многослойную структуру.

Определены микротвердости различных покрытий, даны рекомендации по выбору оптимального состава покрытий. Полученные результаты исследований подтверждают высокое качество покрытий.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Борисов Ю.С. Современные тенденции в развитии газотермического напыления покрытий //Тр. 5-й Международной конф. «Пленки и покрытия-98» /Под ред. В.С.Клубникина,1998. – С. 14-19.
2. Цветков Ю.В. Плазменная металлургия – перспективная технология XXI века /Металлы. 2001. № 5. – С. 24-31.
3. Харламов Ю.А. Газотермическое напыление покрытий и экономичность производства, эксплуатации и ремонта машин //Тяжелое машиностроение. 2000. №2. – С.10-13.
4. А.С. № 548177. Установка для детонационного нанесения покрытий. Зверев А.И., Бондаренко А.С., Пудзинский М.А. и др. 1986. Бюл. № 44.

Статья поступила в редакцию 29.10.2007

УДК 621.762

Пантелеенко Е.Ф.

## МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА ДИФфуЗИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ

**Введение.** Борированные стальные и чугунные порошки используются для упрочняюще-восстановительных технологий и обладают рядом преимуществ [1]. Это самофлюсующесть, возможность управлять свойствами формируемых из

них покрытий, высокая износостойкость получаемых покрытий. В зависимости от фракции ДЛП, для их нанесения можно применять широкий спектр технологий. Порошки фракции до 50 мкм используются для детонационного напыления, сущно-

Пантелеенко Екатерина Федоровна, аспирант Белорусского национального технического университета. Беларусь, БНТУ, 220107, г. Минск, пр. Партизанский, 77.