

## Библиографический список

1. Zhongtao F., Wenyu Y., Xuelin W., Jürgen L. Analytical modelling of milling forces for helical end milling based on a predictive

machining theory. // Procedia CIRP. 2015. Vol. 31. P. 258-263.

2. Šlais M., Dohnal I., Forejt M. Determination of Johnson-Cook equation parameters. // Acta Metallurgica Slovaca. 2012. Vol. 18. No. 2-3. P. 125-13.

УДК 621.9.047

## ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ И МАТЕРИАЛА ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ НА СВОЙСТВА ЭРОЗИОННОСТОЙКИХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

©2016 А.И. Портных, В.Г. Кобзев

Воронежский механический завод - филиал федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-производственный центр имени М.В. Хруничева»

### INFLUENCE OF SURFACE PREPARING STATE AND MATERIAL OF THE INTERMEDIATE LAYER ON THE PROPERTIES OF EROSION-RESISTANT AND HEATPROOF COATINGS

Portnykh A.I., Kobzev V.G. (Voronezh Mechanical Plant – branch of Federal State Unitary Enterprise “Khrunichiev Space Research and Production Space Center”, Voronezh, Russian Federation)

*The paper presents the results of study the microstructure and mechanical properties of heatproof cermet coatings based on zirconium dioxide, that is obtained by plasma spraying.*

Развитие современной техники связано с необходимостью использования высоких рабочих температур, скоростей, динамических нагрузок, а также с эксплуатацией отдельных узлов и целых агрегатов в условиях воздействия агрессивных сред.

В качестве защиты от длительного воздействия высокой температуры огневых стенок камер сгорания жидкостных ракетных двигателей используются эрозионностойкие теплозащитные покрытия (ЭТЗП). Одной из важнейших служебных характеристик стойкости ЭТЗП является его адгезия с материалом напыляемой детали.

Прочность сцепления покрытия во многом определяется самым нижним слоем, наносимым на поверхности детали.

Проведённые эксперименты были направлены на определение потенциального влияния на прочность и термическую стойкость получаемых покрытий:

- гранулометрических свойств материалов, используемых для подготовки поверхности;

- химического состава смесей, используемых для напыления промежуточных слоёв.

Целью работы является установление взаимосвязи между подготовкой поверхности и применяемыми промежуточными слоями на износостойкость и термическую стойкость получаемых покрытий на основе тугоплавких оксидов  $ZrO_2$ .

Основными факторами, определяющими свойства обрабатываемой поверхности материала, являются вид, размер и форма твёрдых частиц, а также их скорость соударения с поверхностью, расход на единицу площади поверхности и угол атаки.

Пескоструйная обработка образцов выполнялась на давлении 4, 5 и 6 атм на расстоянии 90 мм до обрабатываемой поверхности, в два прохода карбидом кремния фракции F46 и F20.

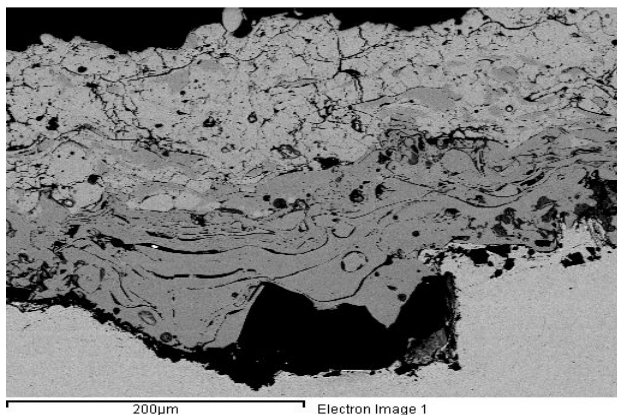
Использование порошка с частицами крупной фракции значительно увеличивает шероховатость поверхности основного материала и приводит к увеличению среднего шага между неровностями.

Установлено, что количество включений на образце, обработанном карбидом кремния фракции F-20, составляет 12,5-19,2% от площади поверхности, для фракции F-46 - 2,5- 3,6%.

При абразивной обработке частицами крупной фракции увеличивается количество микродефектов, их размер и протяженность.

На рис. 1 на поверхности шлифа между подложкой и промежуточным слоем наблюдается участок размером 170 мкм, который на первый взгляд идентифицируется как пор. Но исследование в режиме отраженных электронов позволило установить, что это включения карбида кремния, полученные в результате пескоструйной обработки.

Анализ полученных результатов адгезионной прочности покрытия показал, что при выполнении пескоструйной обработки карбидом кремния фракции F-20 средняя адгезионная прочность составляет  $103 \text{ кг/см}^2$ , а при использовании фракции песка F-46 -  $125 \text{ кг/см}^2$ .



*Рис.1. Фотография участка поперечного микрошлифа образца с включением карбида кремния ( $\times 300$ ). Съемка в режиме вторичных электронов*

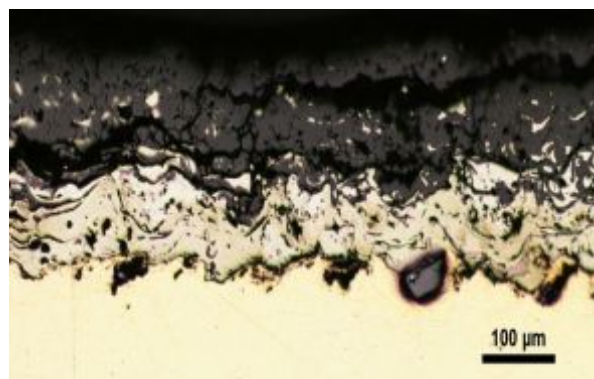
Полученные результаты согласуются со справочными данными [1], подтверждающими, что оптимальная адгезия покрытия к подложке достигается, когда шероховатость поверхности сопоставима с толщиной расплавленных слоёв материала в структуре покрытия.

Приведенные результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что использование для обработки порошка карбида кремния фракции F20 нецелесообразно.

Для оценки влияния материала промежуточного слоя на адгезионные характеристики покрытия были использованы два типа порошка для нанесения подслоя: ПХ20Н80 и ПТЮ-10Н.

Испытания на адгезионную прочность показали, что использование подслоя из материала ПТЮ-10Н обеспечивает среднее значение  $144,2 \text{ кг/см}^2$ , против  $109,5 \text{ кг/см}^2$  для подслоя ПХ20Н80. Применение в качестве промежуточного слоя композиционного порошка системы Ni-Al (сплав ПТЮ-10Н) может существенно повысить служебные характеристики ТЗП за счёт дополнительного выделения тепла в пятне напыления.

Сравнительный анализ микрошлифов образцов с подслоями, выполненными различными материалами показывает, что использование сплава ПТЮ-10Н (рис. 2) обеспечивает более равномерное его распределение по поверхности основного материала.



*Рис.2. Фотография микрошлифа образца с подслоем, выполненным материалом ПТЮ-10Н ( $\times 100$ )*

#### Выводы:

1. Использование карбида кремния более мелкой фракции F-46 обеспечивает увеличение адгезионной прочности покрытия за счет получения наиболее оптимальной шероховатости поверхности и уменьшение количества включений в основном материале.

2. Применение в качестве промежуточного слоя материала из терморегулирующего сплава типа ПТЮ-10Н обеспечивает повышение уровня отрывной прочности керметного покрытия.

#### Библиографический список

1. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления // МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 360 с.
2. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. // М.: Машиностроение, 1985. - 240 с.