

## СЕКЦИЯ 5. ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

### МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

**Барсукова Е.А.**

*Руководитель – доцент, к.т.н. Ильинкова Т.А.*

Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева,  
г. Казань

e-mail: pochta20006@bk.ru

В работе исследовались микромеханические характеристики керамического слоя из оксида циркония двухслойных плазменных покрытий.

Все типы газотермических покрытий, к которым относятся и плазменные, имеют особые механические характеристики, обусловленные их слоистой структурой. Прочность покрытий обычно является пониженной по сравнению со спеченными материалами в результате отсутствия полной микросварки между отдельными слоями, а также наличия пористости, окисления слоев.

Большое количество параметров процесса напыления, к которым можно отнести и параметры порошка для напыления (гранулометрический состав, форма частиц, однородность химического состава по частицам) затрудняет создание оптимальной технологии напыления. С целью выбора критерия оптимизации было проведено исследование прочностных и деформационных свойств керамического слоя покрытий ЦИО-7-10-50 и Z7Y10-90: микротвердости, микропрочности, микрохрупкости, статического коэффициента трещиностойкости  $K_{1c}$ , полученных методом микроиндентирования.

Измерения микротвердости осуществляли по ГОСТУ 9454 при нагрузке 200 г. Время нагружения варьировалось 15 и 30 секунд. Результаты измерений подвергались статистической обработке.

Средние значения микротвердости для обоих типов покрытий составили 8160-8250 МПа. Различия в значениях микротвердости покрытий обоих типов незначительны. Поэтому по данному критерию представляется затруднительным отдать предпочтение тому или другому покрытию.

Коэффициент трещиностойкости  $K_{1c}$  рассчитывался по формуле:

$$K_{1c} = \frac{H_{1000} \sqrt{a}}{D}, \text{ где}$$

$H_{1000}$  – микротвердость при нагрузке 1000 г (МПа);  $a$  – полудиagonal отпечатка квадратной (Виккерса) пирамиды, м;  $D$  – длина трещины, м.

Микропрочность покрытий определялась по формуле:

$$P = \frac{F}{A}, \text{ МПа.}$$

Микрохрупкость рассчитана по формуле:

где  $d$  – diagonal отпечатка пирамиды, мкм.

Полученные значения микромеханических характеристик представлены в таблице:

| Тип покрытия | Направление развития трещины | Микротвердость,<br>Н <sub>μ</sub> , МПа | K <sub>1c</sub> ,<br>- | Таблица                   |                |
|--------------|------------------------------|---|------------------------|---------------------------|----------------|
|              |                              |   |                        | Микропрочность,<br>σ, МПа | Микрохрупкость |
| ЦИО-7-10-50  | Вдоль покрытия               | 8250                                    | 0,93<br>-              | 132-134                   | 2,2-2,7        |
|              | Поперек покрытия             |   | 0,94<br>1,43<br>-      | 194-213                   | 1,2-1,5        |
| Z7Y10-90     | Вдоль покрытия               | 8163                                    | 0,87<br>-              | 125—168                   | 1,6-2,7        |
|              | Поперек покрытия             |   | 1,09<br>1,15<br>-      | 154-184                   | 1,2-1,6        |
|              |                              |   | 1,25                   |                           |                |

Из приведенных данных следует, что покрытие ЦИО-7-10-50 характеризуется несколько большими значениями  $K_{1c}$  и микропрочности по сравнению с Z7Y10-90. Соответственно, микрохрупкость у этого покрытия несколько ниже. У обоих покрытий явно выражена анизотропия свойств: вдоль покрытия, т.е. вдоль поверхностей раздела микрослоев все свойства являются пониженными. Поперек покрытия свойства повышаются от 14 до 60%. По-видимому, поверхности раздела между отдельными слоями являются серьезным препятствием для развития трещин, несмотря на наличие довольно большой пористости (от 11 до 15%), которая также располагается слоями в покрытии. Таким образом, разработанная методика оценки прочностных свойств покрытий позволяет установить достаточно тонкие различия между исследованными материалами.

#### Выводы

1. Разработана методика микроиндентирования при больших нагрузках керамических газотермических покрытий.
2. Установлены характеристики микротвердости, микропрочности, микрохрупкости и трещиностойкости плазменных теплозащитных покрытий ЦИО-7-10-50 и Z7Y10-90.
3. Показано, что плазменное покрытие по основе порошка ЦИО-7-10-50 обладает повышенными свойствами прочности и трещиностойкости.
4. Оба типа покрытий вследствие наличия слоистой структуры обладает выраженной анизотропией свойств: поперек покрытия характеристики трещиностойкости и микропрочности выше на 14-62% по сравнению с покрытием Z7Y10-90.