

# ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА СВЕРХЗВУКОВОГО ВОЗДУШНО-ГАЗОВОГО ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

Коржик В.Н., Борисова А.Л., Попов В.В., Коломыцев М.В., Чайка А.А., Ткачук В.И.,  
Вигилянская Н.В.

Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины  
03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко 11, E-mail: [vn@paton.kiev.ua](mailto:vn@paton.kiev.ua)

В данной работе исследовали возможность применения метода сверхзвукового воздушно-газового плазменного напыления (СВГПН) для нанесения износостойких покрытий из тугоплавких материалов, которые применяются для защиты от износа при температуре свыше 750 °С. Покрытия были получены путем воздушно-плазменного напыления порошков состава 25 % NiCr + 75 % Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, полученных методами распыления расплава с помощью инертного газа и механического смешения. Основной размер частиц распыленного порошка составляет 15-44 мкм, частицы имеют правильную сферическую форму. Основная масса порошка механической смеси имеет размер частиц от 10 мкм до 53 мкм, частицы порошка имеют осколочную форму. Рентгенофазовый анализ показал, что основными фазами обоих исходных порошков являются Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, σ-(NiCr), и γ-Ni, а также следы Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>.

Напыление данных порошков выполнялось методом СВГПН с использованием следующего режима: I = 260 А, U = 360 В, P<sub>возд</sub> = 4 атм, G<sub>возд</sub> = 20 м<sup>3</sup>/час, L = 180 мм с различными точками ввода порошка в плазменную струю: непосредственно под срез и в канал сопла.

Металлографические исследования покрытий показали, что не зависимо от способа получения порошков, подача в канал сопла приводит к получению более качественных покрытий, которые имеют более высокую плотность и более качественную границу раздела покрытие - основа, а также выше на 30-20 % микротвердость. Так, покрытие из распыленного порошка, который подавался в канал сопла, более однородное и плотное, имеет слоистую тонколамельярную структуру с включениями карбидов. Микротвердость покрытия составляет 9956±1401 МПа. При подаче этого же порошка под срез сопла, покрытие не столь однородное, со слабо

выраженной ламелярностью, наблюдаются отдельные округлые нерасплавленные частицы. Микротвердость покрытия составляет 8416±1551 МПа. Такая же тенденция наблюдается и для покрытий полученных из механической смеси Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> + NiCr. Микротвердость покрытия составляет 9942±1688 МПа при подаче напыляемого материала в канал сопла, а при подаче напыляемого материала под срез сопла - 7034±1612 МПа. При плазменном напылении покрытий происходят не только структурные, но и фазовые изменения в покрытиях обоих типов. При напылении карбида хрома возможны фазовые превращения за счет потери углерода - Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> → Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> → Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>. Результаты рентгенофазового анализа показали, что в нашем случае преобладающей карбидной фазой в полученных покрытиях является Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> и частично сохранившийся исходный карбид Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>. Также имеет место незначительное окисление нихромовой матрицы с образованием NiO и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Основываясь на результатах исследований установлено, что место ввода порошка в плазменную струю не влечет за собой значительных изменений в фазовом составе напыленных материалов, а в большей степени влияет на структуру покрытий. Карбид Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> является более окалиностойким, чем низшие карбиды Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> и Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>. Однако, низшие карбиды хрома имеют более высокую термическую стабильность и равную или даже более высокую износостойкость по сравнению с Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> [1]. Поэтому образование при напылении низших карбидов хрома может оказать благоприятное влияние на эксплуатационные свойства покрытия.

1. Самсонов Г.В., Винницкий И.М. Тугоплавкие соединения: Справочник. 2 изд. М.: Металлургия, 1976. – 560 с.