

## Получение наноструктурированных термически напылённых NiCrFeCSeB/WC покрытий с использованием лазерной обработки

*Е. ШкаMAT, Ж. Чепуке, О. Чернашеюс*

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

e-mail: olegas.cernasejus@vilniustech.lt

Сплавы на основе никеля широко используются для защитных покрытий, когда требуется устойчивость к коррозии, высокотемпературному окислению, ударам, усталости и износу. Никель отличается высокой растворимостью в твердом состоянии для многих легирующих элементов и может образовывать уникальные интерметаллические фазы с некоторыми элементами. В тяжелых условиях, когда свойства монолитного сплава на основе Ni не соответствуют требованиям по износу рабочих частей, для повышения износостойкости защитного покрытия используются твердые керамические частицы. Как правило, могут использоваться различные типы оксидной и неоксидной керамики, включая карбиды (WC, TiC, VC, B<sub>13</sub>C<sub>2</sub>, SiC), бориды (TiB<sub>2</sub>) и оксиды (CeO<sub>2</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Термическое напыление самофлюсующегося порошка – один из широко используемых способов получения защитных покрытий. Для получения композиционных покрытий Ni/WC используется смесь порошка сплава на основе Ni и частиц WC. Карбид вольфрама (WC) отличается высокой температурой плавления (2600–2850 °C), высокой вязкостью разрушения (28 МПа·м<sup>1/2</sup>), высокой твердостью (16–22 ГПа при нагрузке 500 г по Виккерсу), пластичностью и отличной смачиваемостью.

В данной работе были изучены микроструктура и твердость покрытий NiCrFeCBSi/40 % WC, полученных с помощью двухэтапного процесса: газопламенного напыления и последующего переплавления. Для переплавления напыленного слоя применялись четыре различных метода. Покрытия, переплавленные лазером, сравнивались с покрытиями, полученными традиционными методами плавления - нагревом в печи, индукционным нагревом и нагревом пламенем. Коммерческая смесь порошка самофлюсующегося легкоплавкого сплава на основе никеля (62,2 % Ni; 13,8 % Cr; 11,8 % Co; 7,9 % B + Si; 3,9 % Fe; 0,4 % C) и 40 % масс. WC использовалась в качестве материала для напыления. Порошковая смесь наносилась на пластины из конструкционной стали S235 газокислородным напылением с помощью напылительного оборудования Rototec 80. Средняя толщина напыленного слоя покрытия составляла 1,2–1,3 мм. Слои после напыления были переплавлены с использованием четырех различных методов: нагрев на воздухе с нейтральным кислородно-ацетиленовым пламенем; индукционный нагрев на воздухе (160 кГц; 1,4 кВ; 2,5 кВт; 28 А); нагрев в электропечи (1300 °C; воздух); плавление лазером (Nd: YAG; длина волны 1064 нм; длительность импульса 6 мс; частота импульсов 20 Гц; диаметр пятна 0,3 мм).

Традиционные методы переплавления позволили сформировать низкопористые, прочно сцепляющиеся композитные покрытия на основе Ni/WC, имеющие

высокую твердость (~880 НК2.0) и отличную износостойкость. Однако оптимальная микроструктура была получена в достаточно узком диапазоне продолжительности нагрева при переплавлении покрытий. Как известно, режимы нагрева/охлаждения сильно зависят от геометрии и размеров подложки. Следовательно, индивидуальная регулировка продолжительности нагрева требуется для деталей различной геометрии или размера. Лазерная обработка покрытия позволила получить стабильные сверхмелкозернистые богатые W дендриты в матричной микроструктуре осажденного слоя на основе никеля, морфология которого существенно не изменилась при изменении параметров процесса лазерной обработки. Размер мельчайших частиц, богатых вольфрамом, составлял около 200 нм. Механические свойства слоев, полученных с помощью лазерной обработки, существенно превосходили свойства покрытий, обработанных традиционным способом нагрева: средняя твердость достигала ~990 НК2.0, обеспечивая улучшение на 12–31 % по сравнению с лучшими результатами индукционного, печного и пламенного нагрева. Износ покрытий, обработанных лазером, был на 12 % (по потере массы) и на 42 % (по толщине удаляемого слоя) меньше по сравнению с самыми лучшими результатами для покрытий с традиционным нагревом. Интенсивный нагрев покрытия с помощью лазерной обработки приводил к частичному переплавлению подложки и изменению химического состава покрытия. Это может отрицательно сказаться на характеристиках покрытия в агрессивной среде и при высокой температуре.

Целесообразно продолжить исследования для определения оптимальных параметров лазерной обработки, обеспечивающих минимальное плавление подложки или ее исключение.