

## ФОРМИРОВАНИЕ НАНОУПЛОТНЕННОГО $\beta$ -SiC БАРЬЕРНОГО ПОДСЛОЯ КОРУНДОВОГО ПОКРЫТИЯ

**Семченко Г.Д., Шутеева Ю.И., Борисенко О.Н., Зверева В.С.**

Национальный технический институт «Харьковский политехнический институт»,  
ул. Фрунзе 21, г. Харьков, 61002, sgd@kpi.kharkov.ua

Создание эффективных покрытий для защиты от окисления конструкционных материалов, в том числе углеродсодержащих, при высоких температурах является актуальной проблемой. Трудность создания покрытий для графитовых и углеграфитовых материалов вызвана необходимостью повышения адгезии покрытий к несмачивающейся поверхности графита, поэтому создание самотвердеющих покрытий на основе тугоплавких наполнителей, например  $Al_2O_3$  или SiC, с использованием золь-гель композиций, которые характеризуются хорошим смачиванием, адгезией и способностью к самопроизвольной конденсации при обычных температурах, является весьма актуальным.

В качестве самотвердеющих связующих выбраны золь-гель композиции, полученные гидролизом этилсиликата ЭТС-32 без органических растворителей с необходимой живучестью и дисперсностью аморфных частиц  $SiO_2$ .

Определены более эффективные методы подготовки поверхности графитового материала перед нанесением обмазок, подобраны составы самотвердеющих золь-гель связующих. Для обеспечения повышенной адгезии к графитовой подложки использовали пропитку нанесенного нижнего слоя золев, полученным гидролизом этилсиликата малым количеством воды, что облегчало проникновение пропитывающего раствора через поры высушенного покрытия в дефекты структуры графитового материала и повышало адгезию покрытия после термообработки за счет синтеза нитевидных кристаллов муллита в них. Далее наносилось несколько слоев обмазок, общая толщина покрытий составляла 0,7 – 0,8 мм, после термообработки по специальному режиму сначала на воздухе (до

500 °С), а затем в аргоне (до 1300 – 1400 °С).

Особенностью технологии создания высококачественных покрытий для защиты графита от окисления до 1750 °С является использование модифицированного алкоксидом кремния порошка электрокорунда и комбинированного золь-гель связующего с добавкой борсодержащего вещества, который не только снижает скорость твердения корундовых масс, но и обеспечивает интенсификацию синтеза  $\beta$ -SiC в промежуточном подслое многослойного покрытия из комплекса  $(-CH_3)-(SiO_2)_n$ .

Исследован фазовый состав и структура многослойного покрытия на основе модифицированного алкоксидом кремния электрокорунда и золь-гель связующего в процессе формирования покрытия при обжиге в аргоне до эксплуатации. Показана структура и фазовый состав барьерного подслоя, основного и верхнего слоя. Предложен механизм создания органо-неорганического комплекса  $(-CH_3)-(SiO_2)_n$  и синтеза  $\beta$ -SiC из него при низких температурах (~ 760 °С).

Возможность низкотемпературного синтеза SiC подтверждена термодинамическими расчетами синтеза SiC в системе Si-O<sub>2</sub>-C при соотношении  $P_{CO} / P_{CO_2} = 9:1$  и  $P_{SiO} = 10^{-19}$  в газовой среде.

Изучена микроструктура промежуточного слоя. Показано, что плотноспеченная корундовая матрица этого слоя армирована глобулами наночастиц  $\beta$ -SiC размером от 20 до 100 нм (рис.). В матрице несмотря на термообработку покрытия при высоких температурах сохранены остатки остова кремнеземистого кластера, в узлах которого находятся синтезированные наночастицы.