

## ЭФФЕКТЫ ДИСПЕРСНОГО УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Руденская Н.А.<sup>(1)</sup>, Швейкин Г.П.<sup>(2)</sup>, Гулецкий В.А.<sup>(1)</sup>,

<sup>(1)</sup>Технопарк БНТУ «Политехник», Минск, Я. Коласа, 24, [rugraf2000@mail.ru](mailto:rugraf2000@mail.ru)

<sup>(2)</sup>Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург, ул. Первомайская, 91

Состав и структура покрытий, определяющие их свойства, зависят не только от технологических особенностей их нанесения, но и от процессов модифицирования этих материалов при их переходе из состояния отдельных частиц в компактные слои. Комплексные исследования покрытий из порошков сплавов ПГ-10К-01 и ПГ-СРЗ с тугоплавкими составляющими позволили впервые выявить ряд структурных фрагментов композиционных покрытий, установить распределение элементов по высоте слоя покрытия в целом и в отдельных фазах, а также обнаружить влияние размера, структуры, расположения включений по поперечному сечению слоя на их химический состав и микротвердость.

В качестве материалов для исследований использовали металлокерамические покрытия, сформированные плазменным (с оплавлением) и детонационным напылением, с применением электронно-лучевой технологии и лазерного упрочнения. Основные физико-химические процессы, выявленные при структурообразовании исследованных покрытий, систематизированы в следующие группы: 1. Перераспределение кремния в твердом Cr—Ni(Co)- растворе. Наряду с самофлюсованием (образованием SiO<sub>2</sub>) и переходом диоксида кремния в стеклофазу, в средней части покрытия кремний изолируется кристаллизующимися из расплава карбидными фазами, при этом появляются так называемые плакированные включения (с оболочкой карбида и ядром твердого Cr—Ni(Co)- раствора). Именно в таких плакированных частицах и остается в твердом Cr—Ni(Co)- растворе кремний. Этот эффект

обнаружен во всех составах покрытий, его интенсивность определяется продолжительностью и температурой обработки слоевых композитов. 2. Кристаллизация карбидных фаз 4 видов: иглообразные однородные; имеющие форму многогранника с двухфазной структурой или сферы ("плакированные с карбидной оболочкой"); композиционные (сложные, состоящие из фаз первых двух видов); однородные компактные. Микротвердость композиционных включений превышает 3000 кг/мм<sup>2</sup>. 3-5. Кристаллизация из твердого Cr—Ni(Co)-раствора карбоборидных фаз переменного состава; оксикарбидных фаз; оксикарбоборидных фаз. 6. Карботермическое восстановление титана, в результате которого формируются 4 вида титансодержащих фаз: твердый раствор, сложные карбиды типа (Cr, Ti, Fe)C, содержащие 12-23 ат. % титана, сложные карбиды типа (Cr, Ti, Fe) C, содержание титана в них составляет 0,34-0,54 ат. %, оксикарбиды (Cr, Ti, Fe, Si)C<sub>x</sub>O<sub>y</sub>. В результате карботермической реакции оксида титана и углерода, хрома, железа (из твердого раствора) образуется сложный карбид (Ti, Cr, Fe)C, а освободившийся кислород участвует в процессе самофлюсования хромоникелевого (Co) расплава с образованием флюсов (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и SiO<sub>2</sub>).

В отдельную группу включений выделены оксидные титансодержащие фазы, искусственно введенные в самофлюсующиеся. Среди таких включений обнаружено несколько видов, различающихся по форме, структуре и химическому составу. Особый интерес представляют плакированные включения, ядра которых содержат элементы, соответствующие исходным оксидам, а оболочки представляют собой продукт реакции карботермического восстановления титана.