

СОЗДАНИЕ ГРАДИЕНТНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

В. А. Оковитый

Белорусский национальный технический университет, Минск

Разработаны критерии получения качественных теплозащитных покрытий (ТЗП). Для этого необходимо формировать ТЗП из материалов с равномерным химическим и фазовым составом по сечению исходных порошков, с максимальным количеством тетрагональной фазы и минимальным размером зерна фазовых включений, с минимальным содержанием межкристаллитной влаги, со строго определенным размером и морфологией частиц исходного порошка.

В качестве материалов для керамического слоя теплозащитных покрытий (ТЗП) наибольшее применение в настоящее время получили композиции на основе частичного стабилизированного диоксида циркония (ЧСЦД). Широкое применение ZrO_2 в ТЗП обусловлено его низкой теплопроводностью, высоким коэффициентом термического расширения, и, главное, возможностью обеспечения высоких механических свойств упрочненной керамики. Стабильность тетрагональных фаз ZrO_2 , которая оказывает основное влияние на теплозащитные свойства ТЗП, снижается в ряду применяемых стабилизаторов Yb_2O_3 , Y_2O_3 , MgO , CaO . Отрицательное влияние повышенного содержания стабилизаторов в исходном порошке на долговечность покрытий, объясняется несколькими причинами. Во-первых, исходные порошки имеют, как правило, неравномерное распределение стабилизатора по сечению, что наследуется в структуре покрытия. Во-вторых, наряду с выделениями богатых стабилизатором фаз типа $Zr_3Y_4O_{12}$, $Zr_3Yb_4O_{12}$, в покрытии формируются зерна тетрагональной фазы состава $ZrO_2 - 8,3\% Y_2O_3$, $ZrO_2 - 12,3\% Yb_2O_3$ и превращенные в моноклинную фазу зерна состава $ZrO_2 - 1,6\% Y_2O_3$, $ZrO_2 - 6,2\% Yb_2O_3$. Сегрегация стабилизатора в покрытии особенно заметно усиливается при его термообработке либо термоциклировании в случае стабилизации оксида циркония, что еще более усугубляет фазовую неоднородность покрытия. В-третьих, стабильность тетрагональной фазы во многом зависит от размера зерна фазовых включений, повышаясь с их уменьшением, что особенно заметно при размере зерна менее 1 мкм, поэтому достижение необходимого размера фазовых включений является задачей оптимизации технологии получения керамических порошков для

теплозащитных покрытий. По указанным причинам достижение равномерного химического и фазового состава по сечению исходных порошков и покрытия, с максимальным количеством тетрагональной фазы и минимальным размером зерна фазовых включений, является одной из основных задач техники плазменного напыления ТЗП.

Характеристики плазменных теплозащитных покрытий зависят как от вида и состояния исходного порошка, так и собственно от технологических параметров напыления. В большинстве исследований влияния технологии плазменного напыления на долговечность покрытия отмечается, что вид и состояние исходного порошка для напыления оказывают решающее влияние на качество напыленных покрытий из ЧСДЦ. Важное значение для получения качественных ТЗП имеет химическая чистота применяемых материалов. Известно, в частности, что оксид кремния дестабилизирует высокотемпературные фазы ZrO_2 . Учитывая неизбежную сегрегацию более легкоплавкого оксида кремния по границам зерен и на поверхности частиц порошка ZrO_2 , SiO_2 следует рассматривать как весьма нежелательную примесь. Термическая стабильность тетрагональной фазы ZrO_2 снижается с увеличением содержания межкристаллитной влаги в порошке. Кроме того, присутствие влаги ухудшает нагрев порошка в плазменной струе и делает его неоднородным. Существенное влияние на долговечность покрытий оказывает размер частиц исходного порошка. С одной стороны, увеличение среднего размера частиц порошка приводит к росту пористости покрытия и, соответственно, к увеличению сопротивления термоудару. Формирующиеся крупные поры, приводят к торможению движения трещин. С другой стороны, крупные частицы хуже проплавляются в плазменной струе, что приводит к неравномерности фазового состава и снижению прочности межчастичных контактов в покрытии. Важным параметром является также форма частиц порошка. В частности, применение сферических порошков более предпочтительно, так как в покрытии формируются главным образом округлые поры, а прогрев порошка осуществляется более равномерно, что особенно важно для материалов с низкой теплопроводностью. Кроме того, с развитой поверхности порошков хуже абсорбируется влага, что отрицательно влияет на качество ТЗП.

Итак, из всего вышесказанного следует, что качественные ТЗП необходимо формировать из материалов с равномерным химическим и фазовым составом по сечению исходных порошков, с максимальным количеством тетрагональной фазы и минимальным размером зерна фазовых включений, с минимальным содержанием межкристаллитной влаги, со строго определенным размером и морфологией частиц исходного порошка.

Диоксид циркония, частично стабилизированный оксидом иттербия, был выбран для использования в качестве порошка для теплозащитных покрытий вместо диоксида циркония, частично стабилизированного оксидом иттрия, по следующей причине. У иттербия тривалентный ионный радиус (0,858 Å) значительно меньше, чем тривалентный ионный радиус иттрия (0,893 Å), и более приближен к тривалентному ионному радиусу циркония. Известно, что большие катионы вносят большие искажения в решетку ZrO_2 и требуют большего количества вакансий и более высокой температуры для образования тетрагональной фазы ZrO_2 , которая оказывает основное влияние на теплозащитные свойства. Следовательно в системе ZrO_2 - Yb_2O_3 должен быть меньший уровень внутренних напряжений, по сравнению с любыми другими системами ZrO_2 - R_2O_3 (где R – редкоземельный элемент). Вследствие вышеизложенного было сделано предположение, что использование Yb_2O_3 в порошках частично стабилизированного диоксида циркония, позволит получать ТЗП с ресурсом, превышающим ресурс ZrO_2 - Y_2O_3 покрытия.

УДК 621.723

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕССЫ УПРОЧНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Л. М. Акулович, А. М. Ефимов, А. В. Линник

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск

М. Л. Хейфец

ГНПО «Центр» НАН Беларуси, Минск

Проанализировано влияние ультразвуковых колебаний на процессы упрочнения и обработки изделий в магнитном поле. Определены способы ввода ультразвуковых колебаний в рабочую зону при магнитно-электрическом упрочнении и магнитно-абразивной обработке.

В настоящее время при восстановлении и упрочнении деталей машин или изготовлении новых с необходимым комплексом свойств, используются различные методы нанесения покрытий. Одним из перспективных путей, как интенсификации традиционных методов упрочнения поверхностей деталей машин, так и создания принципиально новых технологических процессов является широкое использование активирующих энергетических воздействий: силовых, температурных, химических, магнитных, электрических [1].