

наличии на частицах оксидной пленки без парафинового покрытия. Увеличение содержания ПАВ в размольной среде приводит к смещению экзотермического пика, соответствующего низкотемпературному окислению, в предплавленную область (~ 600 °С). При этом увеличение добавки с 0,1 до 1,0 % масс. способствует скачкообразному росту тепловыделения этого пика с 2,6 до 3,8 кДж/г. Дальнейшее увеличение содержания ПАВ приводит к смещению процесса

горения в зону более высоких температур, что сопровождается снижением теплоты процесса (рис. 16).

Таким образом, было исследовано влияние добавки ПАВ в состав размольной среды на кинетику высокотемпературного окисления композиционных порошков. Показано, что введение малых концентраций ПАВ позволило достичь скачкообразного увеличения скорости предпламенного окисления и тепловыделения в системе.

Список литературы

1. Pivkina A., Streletskii A., Kolbanev I., et al. // *Journal of Materials Science.* – 2004. – V. 39. – P. 5451–5453.
2. Monk I., Schoenitz M., Jacob R.J., et al. // *Combustion Science and Technology.* – 2017. – V. 189 (3). – P. 555–574.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК Mg–Al–O НА СВОЙСТВА СТРУКТУРЫ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО ОКСИДА Hf–Zr–Ce–Y–O

В. А. Булах, А. С. Митулинский

Научный руководитель – Ph.D., в.н.с. С. П. Зенкин

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
vladabulakh@tpu.ru

Нанокompозитные материалы имеют высокую востребованность в последние годы. Благодаря своей высокой стойкости к окислению и механической прочности, высокоэнтропийные керамические материалы нашли свое применение в индустрии авиастроения.

Для создания керамики, образцы напылялись составом Hf–Zr–Ce–Y–O с последующим добавлением Mg–Al–O. HfO₂, ZrO₂, CeO₂, Y₂O₃ являются задающими оксидами, имеющими структуру флюорита; при этом, MgO и Al₂O₃ –

дополнительные оксиды, имеют кубическую решетку типа NaCl и тригональную соответственно. В зависимости от элементного состава пленок (Таблица 1) были получены рентгенограммы образцов (Рисунок 1).

Как видно из рентгенограмм, покрытия представляют собой однофазные системы на основе твердого раствора (Hf, Zr, Ce, Y, Mg, Al) O₂ с ГЦК решеткой (Fm-3m). Из рисунка видно, изменение преимущественной ориентации с (200) на (220) при изменении номера покрытия

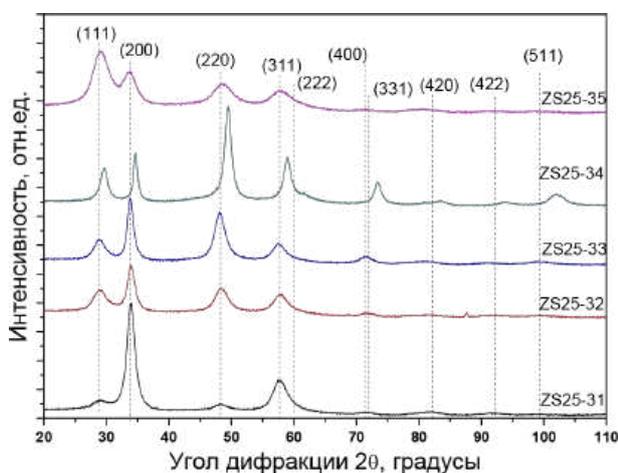


Рис. 1. Рентгенограммы образцов HfZrCeYMgAlO, полученных при угле падения рентгеновского пучка 5°

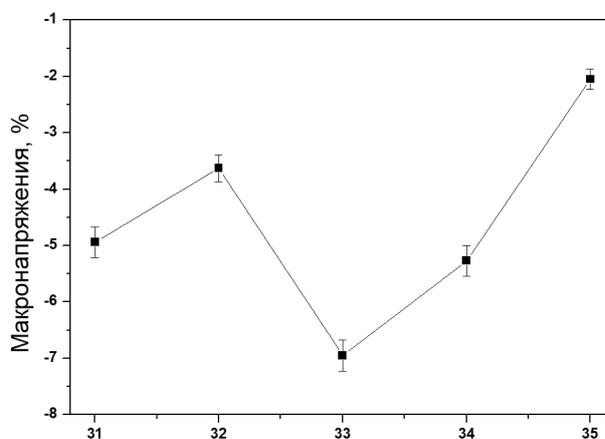


Рис. 2. Зависимость макронапряжений в покрытии HfZrCeYMgAlO

Таблица 1. Элементный состав образцов

Элемент/Атом. %	ZS25-31	ZS25-32	ZS25-33	ZS25-34	ZS25-35
O	67,4	69,7	63,5	63,6	70,3
Mg	2,4	3,7	2,6	2,6	2,2
Al	0,0	2,4	2,1	2,1	0,0
Y	11,4	11,1	11,1	11,1	10,1
Zr	6,4	3,7	6,5	6,4	6,3
Ce	5,6	6,3	7,3	7,3	5,0
Hf	6,9	3,0	6,9	6,9	6,1

от 31 до 34. Для образца 35 наибольшая интенсивность дифракционного пика соответствует ориентации (111).

Как видно из рисунка 2 напряжения сжимающие. Наибольшее значение напряжений (–6,95 ГПа) соответствует покрытию ZS25-33, а наименьшее (–2,05 ГПа) – покрытию ZS25-35.

Результаты рентгенофазового анализа показывают, что синтезированный оксид HfZrCeYMGAlO имеет единую кристаллическую структуру, без расслоения на отдельные оксиды. При этом Mg и Al встраиваются в решетку, вызывая существенную ее деформацию, достигающую 7 ГПа.

Список литературы

1. Zenkin S., Gaydaychuk A., Mitulinsky A., Bulakh. V, Linnik S *Effect of the MgO Addition on the Structure and Physical Properties of the*

High Entropy HfZrCeYO Fluorite Ceramics // Coatings. – 2023. – № 13.

ИССЛЕДОВАНИЕ САМОКЛЕЯЩИХСЯ ПЛЁНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ МАРКИРОВКИ НА ХИМИЧЕСКУЮ СТОЙКОСТЬ

Д. Е. Ведин¹

Научный руководитель – аспирант Е. Ю. Жданова²; д.т.н. профессор Е. И. Пряхин

Санкт-Петербургский Горный университет императрицы Екатерины II
vedin17@mail.ru¹, ivan.grey.90@mail.ru²

Введение. В настоящее время для лазерной маркировки машиностроительной продукции, в основном, применяются импортные самоклеящиеся композитные пленочные материалы Tesa 6930 (Германия) и 3M 7847 (США) [1]. Эти материалы для лазерной маркировки являются химически стойкими в большинстве агрессивных сред. Разработанные в последние годы отечественные самоклеящиеся пленочные материалы НПМ012 и ЛП1 [2] предполагается использовать взамен указанных зарубежных конкурентов. В связи с этим, на кафедре материаловедения и технологии художественных изделий Санкт-Петербургского Горного университета (МиТХИ) было проведено исследование сравнительной химической стойкости указанных выше импортных и отечественных пленок для лазерной маркировки.

Методика. Оценка химической стойкости изучаемых пленочных материалов проводилась в наиболее используемых средах (табл. 1) с фиксацией результата состояния внешнего слоя с маркировкой через 1, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 96, 168 часов [3]. Перед исследованием были подготовлены специальные образцы. Из лазерной пленки на станке МиниМаркер2-М20 была предварительно вырезана этикетка и наклеена на обработанную пластину из стали 08X18H10T. Все этикетки были промаркированы на станке МиниМаркер2-М20 путем нанесения обозначения названия марки пленки. Для большей достоверности испытание проводилось на трёх образцах каждой марки пленки в одном сосуде с реактивом.

Результаты и анализ. В ходе выполнения эксперимента были установлены закономерности характера взаимодействия изучаемых плё-