

УДК 666.551;666.652  
МАЛОРАСШИРЯЮЩИЕСЯ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ  
РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЯ

Е.М.ДЯТЛОВА, С.Е.БАРАНЦЕВА, Е.С.КАКОШКО, Н.В.СМОЛЬСКАЯ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Интерес к керамическим материалам с близким к нулю температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) непрерывно возрастает в связи с интенсивным развитием новых отраслей высокотемпературной техники. Конструкционные детали, способные работать в условиях резких температурных перепадов не разрушаясь, должны сохранять в процессе эксплуатации высокие показатели термомеханических свойств, что возможно только при небольших значениях термического расширения.

Известно, что к критериальным факторам, влияющим на ТКЛР керамики, относятся ее текстура и микроструктура, определяемая фазовым составом кристаллической составляющей, видом и количеством цементирующей стекловидной связки, которые в свою очередь зависят от степени и характера спекания.

Проведенные ранее исследования показали, что керамика, полученная в системе  $\text{Li}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ , имеющая ТКЛР  $(1,0-3,6)10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , может служить основой для получения малорасширяющихся керамических и композиционных материалов со слабopоложительными, близкими к нулю и слабоотрицательными значениями этого показателя. Исследования проводились с использованием в качестве исходных - двух керамических матриц, отличающихся по фазовому составу. В первом случае основными кристаллическими фазами являлись алюмосиликаты магнезия и лития, алюминат цинка, а во втором - кордиерит и эвкритит. Оба исходных материала характеризовались значениями ТКЛР в пределах  $(1,0-1,6) 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

Поставленная задача решалась двумя путями: модифицированием оксидами цинка, марганца, циркония и фосфора, а также введением предварительно синтезированного титаната алюминия ( $\text{Al}_2\text{TiO}_5$ ), имеющего, как известно, ТКЛР  $(-1,9) 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  в интервале температур 20 - 1000 °С.

Образцы получали по традиционной керамической технологии полусухим прессованием. Температура спекания 1100-1150 °С. В табл. 1 приведены оптимальные составы керамических композиций, полученных по экспериментально подобранным температурным режимам, а также их основные свойства, отличительной особенностью которых является очень низкий температурный коэффициент линейного расширения.

Табл. 1. Составы и основные свойства керамических композиций

Индекс состава	Тип матрицы	Минерализаторы и добавки, мас. %					Свойства опытных образцов				
		ZnO	Al <sub>2</sub> TiO <sub>5</sub>	MnO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	ТКЛР, α·10 <sup>6</sup> К <sup>-1</sup>	Водопоглощение, %	Пористость открытая, %	Плотность кажущаяся	
T4	2	-	5,0	-	-	-	-1,793	21,3	35,7	1676	
MT10	2	-	-	11,0	-	-	-1,076	2,08	4,66	2238	
ZP-8	1	4,0	-	-	12,7	5,36	-0,493	16,87	31,98	1896	
ZP-11	2	-	-	-	12,7	5,36	-0,252	4,3	8,98	2087	
P-12	2	5,0	-	-	-	6,33	0,058	13,23	17,94	1852	

Фазовый состав керамики, определенный рентгенофазовым анализом (табл.2.), показал, что в материалах формируется достаточно большое количество кристаллических фаз, некоторые из них являются малоизученными. Можно предположить, что их количества находятся в довольно рациональном соотношении, поскольку обеспечивают слаболожительные и слабоотрицательные значения ТКЛР.

Табл. 2. Фазовый состав керамики

Индекс состава	Температура обжига, °С	Фазовый состав опытных образцов (химическая формула)
T-4	1150	Mg <sub>2</sub> TiO <sub>4</sub> ; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Al <sub>4</sub> Ti <sub>2</sub> SiO <sub>12</sub> ; LiAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ; Al <sub>2</sub> TiO <sub>5</sub>
MT-10	1100	Li <sub>2</sub> Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ; Li <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ; MnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ; LiAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
ZP-8	1150	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ; LiAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ; Li <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub>
ZP-11	1150	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ; ZrLi <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ; LiAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ; LiAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
P-12	1150	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ; LiMgPO <sub>4</sub> ; ZnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ; LiAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ; LiAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>

Полученные малорасширяющиеся керамические материалы на основе различных кристаллических фаз изучаются на предмет термического старения при различных термических нагрузках с целью разработки рекомендаций по использованию термостойких деталей из этих материалов для конкретных режимов термоциклирования в современных высокотемпературных установках.