

УДК 666.762.32

РАЗРАБОТКА ПЕРИКЛАЗОВЫХ НАБИВНЫХ МАСС ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ

А. А. МАЛЬЦЕВ

Научный руководитель А. Р. ХАФИЗОВА

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Екатеринбург, Россия

В современной металлургической промышленности для футеровки индукционных тигельных печей используют набивные массы. Они представляют собой неформованные огнеупорные смеси, которые применяются в увлажненном или сухом виде. Работа посвящена разработке набивных масс на основе MgO, обеспечивающих стойкость к термическим напряжениям, высокую механическую прочность, а также химическую стойкость к воздействию металла и шлаков.

В качестве основного сырьевого компонента использовались плавленные периклазовые порошки фракции 4...0 мм производства ООО «Группа «Магнетит» с содержанием MgO не менее 96 %. Для повышения физико-механических и эксплуатационных свойств в набивные массы вводились спекающие и функциональные добавки; исследуемые составы представлены в табл. 1. Одним из основных требований, предъявляемых к набивным массам, является их объемопостоянство в службе; в соответствии с этим требованием предварительно была подобрана максимальная плотность упаковки с показателем насыпной плотности $\rho = 2,22 \text{ г/см}^3$ для фракций плавленных порошков 4...0 мм.

Табл. 1. Составы набивных периклазовых масс

Компонент	Содержание, мас. %, в составе						
	1	2	3	4	5	6	7
Плавленный MgO фракций 4...0 мм	98	98	98	88	95	96	96
Электрокорунд фракции < 0,050 мм	—	—	—	10	—	—	—
Борная кислота	2	—	—	2	2	2	2
Плавиковый шпат	—	2	—	—	—	—	—
Гексаметафосфат натрия	—	—	2	—	—	—	—
Оксид хрома техническая	—	—	—	—	3	—	—
Бадделеитовый порошок	—	—	—	—	—	2	—
Пыль циклонная титаносодержащая	—	—	—	—	—	—	2

Для определения физико-механических свойств были подготовлены образцы цилиндрической формы для составов согласно табл. 1 с использованием лигносульфоната технического 5 мас. %...7 мас. % (сверх 100 % массы). Прессование образцов проводилось на гидравлическом прессе при давлении, соответствующем уплотнению массы при вибротрамбовке (500 кгс/см²). Далее

образцы подвергли сушке и обжигу в лабораторной муфельной печи при температурах 1200 °С, 1400 °С и 1500 °С. Результаты физико-механических показателей представлены в табл. 2.

Табл. 2. Физико-механические свойства образцов

Свойство	Значение для состава						
	1	2	3	4	5	6	7
$T = 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$							
Усадка, %	0,28	0	0	0	0	1,11	0
Кажущаяся плотность, г/см ³	2,83	2,90	2,94	2,69	2,86	2,88	2,82
Открытая пористость, %	22,5	18,4	17,1	24,0	19,9	18,9	20,7
Предел прочности при сжатии, МПа	26,1	16,3	18,7	19,7	25,5	32,2	17,7
$T = 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$							
Усадка, %	0	0,42	0	0	0	0,84	0,51
Кажущаяся плотность, г/см ³	2,87	2,90	2,94	2,80	2,88	2,93	2,88
Открытая пористость, %	18,9	18,2	17,2	21	19,3	16,8	18,3
Предел прочности при сжатии, МПа	32,6	39,7	24,6	45,8	33,2	58,6	41,7
$T = 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$							
Усадка, %	0,23	0,34	0,51	-2,50	0,83	1,20	0,36
Кажущаяся плотность, г/см ³	2,89	2,91	2,95	2,81	2,91	2,91	2,87
Открытая пористость, %	17,9	17,2	16,7	20,6	17,9	17,0	18,2
Предел прочности при сжатии, МПа	32,3	31,1	22,5	31,2	28,2	47,6	46,9

При анализе плавленных магниезиальных образцов с жидкофазными добавками (составы 1–3) наблюдается снижение кажущейся плотности и увеличение пористости от спеченного (контактного) слоя к буферному. Значительное спекание обеспечивает гексаметафосфат натрия с максимальной кажущейся плотностью и минимальной пористостью ($\rho_{\text{каж}} = 2,95\text{ г/см}^3$, $P_{\text{откр}} = 16,7\text{ \%}$) в сравнении со всеми образцами. При оценке результатов для состава с электрокорундом наблюдается рост при температуре обжига 1500 °С. Несмотря на это, данный состав сохраняет тенденцию снижения плотности и увеличения пористости от рабочего слоя к буферному.

При добавлении окиси хрома к магниезиальным набивным массам на плавленных порошках указано, что образцы более плотные ($\rho_{\text{каж}} = 2,91\text{ г/см}^3$), но обладают средним значением предела прочности при сжатии ($\sigma_{\text{сж}} = 28,2\text{ МПа}$) относительно всех составов. Для образцов с добавлением диоксида циркония наблюдается характерное увеличение прочности образцов до максимального значения при 1400 °С ($\sigma_{\text{сж}} = 58,6\text{ МПа}$), а при дальнейшем повышении температуры – снижение этого показателя. При добавлении TiO_2 показатели кажущейся плотности и пористости также равномерно снижаются от максимально спеченного слоя к буферному. На образцах с титаносодержащим шлаком при максимальной температуре обжига (1500 °С) сохраняется значительное упрочнение структуры ($\sigma_{\text{сж}} = 46,9\text{ МПа}$).