

УДК 666.762.32

DOI:10.26661/2071-3789-2019-1-41-20

Куликов Юрий Викторович, профессор, кандидат технических наук
Варченко Дмитрий Анатолиевич, магистрант

О ВЛИЯНИИ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И РЕЖИМОВ ПРЕССОВАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛУФАБРИКАТА МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ОГНЕУПОРОВ

Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

Выполнены исследования влияния фракционного состава шихтовых материалов на основе плавненого китайского периклаза, а также давления прессования и длительности выдержки при максимальном давлении, на свойства полуфабриката магнезиальных огнеупоров.

Ключевые слова: магнезиальные огнеупоры, химический состав, фракционный состав, прессование, длительность выдержки при максимальном давлении

Введение. Развитие огнеупорной промышленности в области магнезиальных огнеупоров нового поколения возможно на основе глубокого научного исследования физико-химической механики и петрологии процессов формирования указанного вида огнеупоров [1].

Повышение качества магнезиальных огнеупоров начинается с роста содержания оксида магния, увеличения размеров кристаллов периклаза и плотности периклазовых порошков [2].

Постановка задачи. Исследовать влияние фракционного состава шихтовых материалов, а также давления и длительности выдержки при прессовании на свойства полуфабриката магнезиальных огнеупоров.

Основная часть исследований. При производстве огнеупоров особая роль отводится созданию их структуры, формируемой в процессе изготовления, устойчивой к воздействию коррозийных металургического производства.

Требуемую структуру огнеупора получают путем регулирования зернового состава шихты тщательным подбором соотношения отдельных фракций порошка. Крупнозернистые порошки размером более 0,063 мм классифицируют на отдельные фракции, применяя просеивание на ситах или воздушную классификацию. В отечественной практике производства огнеупоров чаще всего выделяют фракции 3-1 (3-0,5), 1-0,5 (0,5-0,1) и меньше 0,063 мм. Применение более узких фракций порошка, как правило, стабилизирует зерновой состав шихты, а следовательно, и качество изделий. Отдельные фракции порошка (более 0,063 мм) при тщательно подобранном соотношении образуют каркас, в котором формируются пустоты (поры) диаметром более 10 мкм.

Исследование плавненого магнезитового порошка химического состава, %: 96,5 MgO; 1,6 CaO; 0,8 SiO₂; 0,7 Fe₂O₃; 0,4 Al₂O₃ выполняли на лабораторных образцах-цилиндрах диам. 36 мм и высотой 50 мм.

Оптимальный зерновой состав подбирали исходя из теоретических соображений, что наиболее плотной упаковки достигают в соотношении 7:3 (70 % крупной фракции и 30 % мелкой фракции). Для увлажнения шихты применяли водный раствор технического лигносульфаната плотностью 1,23 г/см³. Зерновой состав магнезитовых порошков приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Зерновой состав магнезитовых порошков, используемых при приготовлении огнеупорной массы

Фракция	Зерновой состав по фракциям, %				
	> 3 мм	3-2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	< 0,5 мм
3-1 мм	8,0	34,8	45,4	11,8	0,0
1-0 мм			2,5	30,0	67,5

Особая роль в формировании структуры огнеупора принадлежит тонкомолотому порошку фракции менее 0,063 мм, которая при дальнейшей технологической обработке формирует мелкопористую структуру огнеупора. Для производства огнеупоров с мелкопористой структурой необходимо четко контролировать распределение частиц в указанной дисперсной фракции [3].

Приготовление магнезита фракции менее 0,06 мм производили в лабораторной шаровой мельнице. Смешение порошков выполняли в лабораторном смесителе (влажность массы 2,2-2,4 %) для формирования их наиболее рациональной коагуляционной структуры [4].

Пористость изделий зависит не только от усилий и условий формования, но также определяется соотношением размеров зерен массы.

Зерновой состав огнеупорной массы приведен в табл. 2.

Таблица 2 – Зерновой состав огнеупорной массы

Зерновой состав по фракциям, %					
> 3 мм	3-2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	< 0,5 мм	< 0,063 мм
2,8	13,4	18,3	13,4	52,1	37,0
1,5	11,7	19,0	13,5	54,3	32,0
3,0	15,0	21,2	12,2	48,6	35,0
3,0	11,5	17,0	14,5	54,0	36,5
3,0	13,7	20,5	14,0	48,8	33,5
2,0	13,0	18,2	13,0	53,8	32,5

Содержание фракций менее 0,5 мм в массе находилось в пределах от 48 до 54 %, содержание фракции менее 0,063 мм в пределах 32-37 %, что соответствует технологическим требованиям, предъявляемым к производству огнеупоров [5].

Изготовление образцов огнеупоров осуществляли методом полусухого прессования на лабораторном гидропрессе ПСУ-250 усилием прессования 2500 КН.

При прессовании на гидропрессах кажущаяся плотность сырца зависит от свойств массы, величины давления и длительности выдержки при максимальном давлении прессования.

В пресс-форму загружают слабо увлажненную порошкообразную массу, которую пресс сжимает в вертикальном направлении. После завершения процесса прессования изделие (сырец) выталкивают из пресс-формы и цикл прессования повторяют. Как результат прессования возрастает контактная поверхность между частицами и их сцепление. Уменьшается пористость, снижается размер крупных пор и увеличивается общая удельная поверхность пор. При недостаточном давлении в грубозернистых массах могут образовываться поры заклинивания, так называемая ложно закрытая пористость. Компоненты массы в процессе прессования частично перераспределяются, что выражается в переориентации частиц, причем широкие сечения частиц и пор располагаются в плоскостях, параллельных плоскости прессования. Образуется анизотропия макроструктуры, которая остается и после обжига и обуславливает анизотропию некоторых свойств изделий [6].

Возможны два способа стабилизации свойств сырца на гидравлических прессах. По первому из них прессование ведут до тех пор, пока в прессующей системе не создается максимальное давление, которое затем удаляют после определенной длительности выдержки. Если при этом толщина сырца отклоняется от задан-

ного значения, то регулируют глубину засыпки. Второй способ заключается в том, что прессование ведут до получения постоянного размера сырца, после чего давление сбрасывают. Если при этом значение давления отклоняется от заданного, то регулируют засыпку.

При прессовании огнеупорных масс в интервале давлений 10-200 МПа зависимость между плотностью сырца и давлением прессования выражается формулой А.С.Бережного:

$$\dot{I} = a - b \cdot \lg P, \quad (1)$$

где \dot{I} – общая пористость, %; a, b – постоянные коэффициенты; P – давление прессования, МПа.

Следует отметить, что постоянный коэффициент a характеризует пористость массы перед прессованием и равна ~50 %, а постоянный коэффициент b отражает способность масс к уплотнению и зависит от состава и реологических свойств масс; во многих случаях при давлении около 100 МПа $b = 15$. После подстановки средних значений постоянных a и b , а также принятое давление прессования 100 МПа, получают значение пористости, характерное для полусухого прессования многих масс: $\dot{I} = 20$ %.

В табл. 3 приведены значения кажущейся плотности сырца и пористости от режима прессования.

Таблица 3 – Характеристика кажущейся плотности сырца, пористости в зависимости от удельного давления прессования

Удельное давление прессования, кПа	Кажущаяся плотность сырца, г/см ³	Пористость открытая, %	Предел прочности при сжатии, Н/мм ²
10,95	2,86	21,0	19,9
	2,88	20,2	25,0
11,0	2,90	20,0	29,8
	2,93	19,0	31,0
12,0	2,95	19,0	34,5
	2,98	18,7	39,4
15,0	3,01	16,5	74,4
	3,02	16,2	76,5
18,00	3,07	13,9	92,5
	3,09	13,7	95,1

Показатели кажущейся плотности сырца свидетельствуют о том, что при увеличении удельного давления прессования от 10,95 до 18,0 кПа плотность сырца увеличивается от 2,86 г/см³ до 3,06 г/см³.

Влияние длительности выдержки при максимальном давлении прессования изучали при максимальном давлении 12,0 и 15,0 кПа.

Сжатый воздух, содержащийся в массе, расширяясь, создает растягивающие усилия и образует разрывы в сырце. Поэтому целесообразно воздух из массы удалять, что происходит во время паузы в конце прессования.

Низкая прочность сырца после прессования обусловлена наличием воздушных оболочек вокруг каждого зерна, которые с большим трудом удаляются при прессовании. При низких на-

чальных давлениях прессования воздушные оболочки облегчают скольжение зерен и являются пластификаторами, но при более высоких давлениях прессования, воздушные оболочки препятствуют не только контактированию зерен, но и упрочнению их контактов.

В табл. 4 приведена зависимость качественных характеристик магниевых изделий от длительности выдержки при прессовании.

Таблица 4 – Характеристика готовых магниевых изделий в зависимости от длительности выдержки при максимальном давлении прессования

Давление прессования, кПа	Длительность выдержки при прессовании, с	Кажущаяся плотность сырца, г/см ³	Открытая пористость, %	Предел прочности сырца при сжатии, Н/мм ²
12,0	2	2,84	18,5	39,2
		2,90	20,0	35,6
12,0	3	2,95	18,0	36,5
		2,98	17,9	39,4
12,0	4	3,00	15,0	54,5
		3,02	15,5	59,4
15,0	2	3,01	16,5	54,6
		3,02	15,0	55,9
15,0	3	2,99	15,9	69,2
		3,03	15,0	74,5
15,0	4	3,05	14,8	86,8
		3,06	14,1	90,9

Из табл. 4 следует, что на снижение пористости полуфабриката при прессовании положительное влияние оказывает длительность выдержки при максимальном давлении.

Заключение. Исследовано влияние зернового состава, а также удельного давления прессо-

вания и длительности выдержки при максимальном его значении на свойства магниевых изделий, изготовленных на основе плавленного китайского периклаза с малым содержанием примесных оксидов.

Библиографический список

1. **Стрелов, К. К.** Теоретические основы технологии огнеупорных материалов [Текст] / К. К. Стрелов. – М. : Металлургия, 1985. – 478 с.
2. **Хорошавин, Л. Б.** Магниевые огнеупоры [Текст] / Л. Б. Хорошавин, В. А. Перепелицын, В. А. Кононов. – М. : Интермент Инжиниринг, 2001. – 574 с.
3. **Брон, В. А.** Технология и свойства изделий на основе плавленного периклаза [Текст] / В. А. Брон, И. А. Степанова, Л. Ю. Тарасенко и др. // Огнеупоры. – 1975. – № 5. – С. 35-41.
4. **Брон, В. А.** О микротвердости плавленного периклаза [Текст] / В. А. Брон, В. А. Перепелицын, И. С. Раева и др. // Огнеупоры. – 1984. – № 4. – С. 10-12.
5. **Кашеев, И. Д.** Совершенствование технологии огнеупоров на основе периклазового порошка [Текст] / И. Д. Кашеев // Огнеупоры. – 2001. – № 7. – С. 33-38.
6. **Акишев, А. Х.** Исследование структуры и свойств плотных периклазовых огнеупоров, изготовленных из слоистых гранул [Текст] / А. Х. Акишев, П. Н. Бабин // Огнеупоры. – 1984. – № 3. – С. 9-13.

Куліков Юрій Вікторович, кандидат технічних наук, професор кафедри нанотехнологій і металургії, Карагандинський державний технічний університет (Караганда, Казахстан). E-mail: kargtu@kstu.kz

Варченко Дмитро Анатолійович, магістрант кафедри нанотехнологій і металургії, Карагандинський державний технічний університет (Караганда, Казахстан). E-mail: kargtu@kstu.kz

ПРО ВПЛИВ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ШИХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ І РЕЖИМІВ ПРЕСУВАННЯ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ НАПІВФАБРИКАТУ МАГНЕЗФАЛЬНИХ ВОГНЕТРИВІВ

Виконано дослідження впливу фракційного складу шихтових матеріалів на основі плавленого китайського периклазу, а також тиску пресування та тривалості витримки за максимальним тиском, на властивості напівфабрикату магnezіальних вогнетривів.

Ключові слова: магnezіальні вогнетриви, хімічний склад, фракційний склад, пресування, тривалість витримки за максимальним тиском

Kulikov Yuriy, candidate of technical sciences, Professor of Department of Nanotechnologies and Metallurgy, Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan)/ E-mail: kargtu@kstu.kz

Varchenko Dmitry, Postgraduate of Department of Nanotechnologies and Metallurgy, Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan)/ E-mail: kargtu@kstu.kz

ABOUT INFLUENCE OF FACTIOUS COMPOSITION OF CHARGE MATERIALS AND MODES OF PRESSING ON HIGH-QUALITY INDEXES OF INTERMEDIATE PRODUCT OF MAGNESIA REFRACTORIES

The development of the refractory industry in the field of new generation magnesia refractories is possible on the basis of a deep scientific study of the physicochemical mechanics and petrology of the formation processes of this type of refractories. Improving the quality of magnesia refractories begins with an increase in the content of magnesium oxide, an increase in the size of periclase crystals and the density of periclase powders. The effect of the fractional composition of charge materials, as well as pressure and holding time during pressing, on the properties of a semi-finished product of magnesia refractories was investigated. The study of fused magnesite powder was performed on laboratory cylinder samples. The optimal grain composition was selected on the basis of theoretical considerations that the densest packing is reached in a ratio of 7:3. To moisten the mixture, an aqueous solution of technical lignosulfonate was used. The powders were mixed in a laboratory mixer (mass moisture 2,2–2,4%) to form their most rational coagulation structure. The porosity of the products depends not only on the forces and conditions of the molding, but also is determined by the ratio of grain sizes of the mass. The production of refractory samples was carried out by the method of semi-dry pressing on a laboratory hydraulic press PSU-250 with a pressing force of 2500 KN. A slightly moistened powder mass is loaded into the mold, which the press compresses in the vertical direction. After completion of the pressing process, the product (raw) is pushed out of the mold and the pressing cycle is repeated. There are two ways to stabilize the properties of raw materials in hydraulic presses. When pressing refractory masses in the pressure range of 10-200 MPa, the relationship between the density of the raw material and the pressing pressure is expressed by A.S. Berezhny formula. The compressed air contained in the mass, expanding, creates tensile forces and forms tears in the raw material. Therefore, it is advisable to remove air from the mass, which occurs during a pause at the end of pressing. The low strength of the raw material after pressing is due to the presence of air shells around each grain, which are removed with great difficulty during pressing. The decrease in the porosity of the semi-finished product during pressing has a positive effect on the exposure time at maximum pressure.

Key words: magnesia refractories, chemical composition, factious composition, pressing, duration of self-control at maximal pressure

Стаття надійшла до редакції 26.02.2019 р.
Рецензент, проф. Г.О. Колобов