

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМООБРАБОТКИ И СПЕКАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ОКСИДОВ МАГНИЯ

*Земляной Кирилл Геннадьевич*

*Доцент кафедры Химической технологии керамики и огнеупоров УрФУ, г. Екатеринбург*

*Воскрецова Екатерина Александровна*

*Студент УрФУ, г. Екатеринбург*

**Аннотация:** Рассмотрены процессы термического разложения природных (брусит) и синтетических (гидроксид магния, гидрокарбонат магния) соединений магния. Проведено исследование спекаемости оксида магния, полученного из синтетических продуктов гидрохимической переработки техногенных отходов в чистом виде, и использование малых количеств эвтектоидных добавок.

**Abstract:** The processes of thermal decomposition of natural (brucite) and synthetic (magnesium hydroxide, magnesium carbonate) magnesium compounds were considered. Research of sintering magnesium oxide produced from synthetic products from hydro-chemical processing of industrial waste in a pure form and using small amounts of additives eutectoid was performed.

**Ключевые слова:** брусит, оксид магния, спекание, эвтектоидная добавка.

**Key words:** brucite, magnesium oxide, sintering, additive eutectic.

В настоящее время основной технологией производства оксида и сульфата магния является его изготовление из различных природных пород – магнезита, брусита, доломита, а также из бишофита, морской воды и техногенных отходов [1, 2].

Несмотря на одно из ведущих мест в мире по суммарным запасам магнийсодержащих материалов, Россия, на сегодня, не может обеспечить себя полностью чистыми (не менее 98% MgO) магнийсодержащими материалами, и вынуждена экспортировать ежегодно до 2,5 млн т оксида магния в виде жжёной магнезии, огнеупорных и металлургических порошков (спеченных и плавленых). В России практически нет производства чистого оксида магния [3].

Между тем ещё одним источником магния могут служить горные магнийсодержащие породы: серпентиниты, дуниты и т. д. Они добываются и складируются миллионами тонн, накоплены в настоящее время в отвалах и хранилищах горнодобывающих и металлургических предприятий в объёмах до 15–20 млрд т, и могут перерабатываться на чистые магнийсодержащие продукты различными методами химического обогащения [4-10].

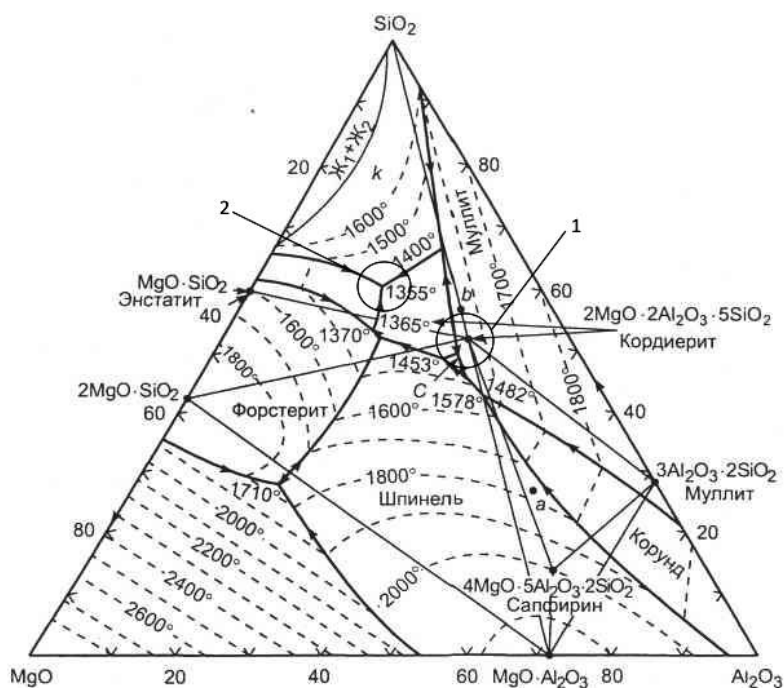
По литературным данным для получения плотного продукта существует два метода. Первым методом является спекание при довольно высоких температурах, что требует значительных энергозатрат. Вторым же методом является использование

эвтектических спекающих добавок, благотворно влияющих на химизм спекания, в результате чего можно получать плотные огнеупоры с низкой открытой пористостью при более низких температурах.

Цель данной работы состоит в выявлении особенностей получения материалов на основе синтетического MgO, модифицированного добавками эвтектических составов системы  $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--MgO}$ , что позволит создать энерго- и ресурсоэффективные технологии огнеупорных материалов, обладающих высоким уровнем физико-механических свойств и относительно низкой температурой спекания.

Сырьём для исследования были выбраны чистые гидрокарбонат и гидрооксид магния, полученные путём гидрохимической переработки серпентинитов Баженовского месторождения (отходы ОАО «Ураласбест», г. Асбест Свердловской обл.). Для сравнения использован брусит Кульдурского месторождения. Серпентинит Баженовского месторождения в виде отходов асбестовой промышленности или в виде серпентинитовых отвалов пустой породы ежегодно образуется на комбинате «Ураласбест» в количестве 60 млн т.

С целью понижения температуры спекания магнезиальных порошков были выбраны составы 5, 6, 7 т. 2 на тройной диаграмме состояния системы  $\text{MgO--Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$  ориентировочной температурой образования эвтектики 1350 °С.

Рисунок 1. Тройная диаграмма состояния системы  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ 

Исходными компонентами для получения эвтектических добавок служили  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , синтетический гидроксид и гидрокарбонат магния,  $\text{SiO}_2$ , а также  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

Шихту из предварительно измельченных компонентов готовили путем простого смешения компонентов в количествах, соответствующих стехиометрическому соотношению. Спекание проводили в печи при температурах ниже температуры образования эвтектики на  $100\text{ }^\circ\text{C}$ .

Таблица 1

Составы эвтектических добавок

Номер состава	Компоненты добавок
Состав 5	$\text{Al}(\text{OH})_3 - 16\%$ ; $\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - 22\%$ ; $\text{SiO}_2 - 62\%$
Состав 6	$\text{Al}(\text{OH})_3 - 16\%$ ; $\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - 22\%$ ; $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} - 62\%$
Состав 7	$\text{Al}(\text{OH})_3 - 16\%$ ; $\text{Mg}(\text{OH})_2 - 22\%$ ; $\text{SiO}_2 - 62\%$

Свойства исследуемых материалов и основные результаты исследования представлены в таблице 2-4.

Свойства исследованных материалов

Показатели	Содержание для образца		
	Брусит	Гидрокарбонат магния	Гидроксид магния
Химический состав, мас. %			
MgO	67,30	43,62	67,11
CaO	1,54	0,41	0,43
SiO <sub>2</sub>	0,12	0,09	0,08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,00	0,00
R <sub>2</sub> O	0,11	0,00	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	0,00	0,00
Δm <sub>LOI</sub>	31,30	56,73	32,21
S, м <sup>2</sup> /г	6,70	12,70	34,80
Вещественный состав, мас. %			
магнезит MgCO <sub>3</sub>	-	-	-
доломит CaMgCO <sub>3</sub>	4,60	-	-
кварцит SiO <sub>2</sub>	-	-	-
брусит Mg(OH) <sub>2</sub>	93,50	-	100,00
серпентин Mg <sub>3</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(OH) <sub>4</sub>	1,10	-	-
кальцит CaCO <sub>3</sub>	0,70	-	-
гидромагнезит Mg <sub>5</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	-	100,00	-

Таблица 3

Размеры кристаллов периклаза по данным РФА

Исходный материал	Размер кристаллов периклаза (ОКР), нм, после термообработки				
	200 °C	400 °C	500 °C	600 °C	800 °C
Гидрокарбонат магния	-	-	3,7	9,0	21,3
Гидроксид магния	-	-	2,2	6,3	20,8

Таблица 4

Сравнительные значения пористости и плотности магниесодержащих продуктов при 1600 °C

Магниесодержащий продукт	П <sub>отк.ср.</sub> , %	ρ <sub>каж.ср.</sub> , г/см <sup>3</sup>
Синтетический гидроксид магния	45	2,01
Синтетический гидрокарбонат магния	20	2,84
Синтетический гидроксид магния с эвтектической добавкой 6, 2 мас. %	34	2,46
Синтетический гидрокарбонат магния с эвтектической добавкой 6, 2 мас. %	38	2,27
Брусит с эвтектической добавкой 6, 2 мас. %	14	2,97
Синтетический гидроксид магния с эвтектической добавкой 5, 2 мас. %	45	2,73
Брусит с добавкой 5, 2 мас. %	33	2,60
<b>Синтетический гидроксид магния с эвтектической добавкой 7, 2 мас. %</b>	<b>24</b>	<b>3,17</b>
<b>Брусит с эвтектической добавкой 7, 2 мас. %</b>	<b>13</b>	<b>3,05</b>

Экспериментальные исследования показали, что существенное снижение (на 50-150 °C) температуры спекания магниесодержащих порошков с улучшением прочностных характеристик может быть достигнуто с применением комплексных эвтектических спекающих добавок. Для снижения температуры спекания магниесодержащих порошков, полученных синтетическим способом, были использованы эвтектические добавки с температурой плавления 1350 °C в области кристаллизации метасиликата магния системы SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO.

Применение низкотемпературной эвтектической смеси (содержание не более 2,0 мас. %) обеспечивает заметное снижение температуры спекания изделий по сравнению с базовым составом.

Максимальную прочность на сжатие, кажущуюся плотность, а также низкий уровень открытой пористости имели образцы, включающие в свой состав эвтектическую добавку 7 (состав, мас. %: Al(OH)<sub>3</sub> – 16,0; Mg(OH)<sub>2</sub> – 22,0; SiO<sub>2</sub> – 62,0), при введении добавки в количестве 2,0 мас. %. Она позволяет снизить открытую пористость практически на 50 % и увеличить кажущуюся плотность в 1,6 раз в сочетании с эффектом энерго- и ресурсосбережения.

#### Список литературы:

1. Аксельрод Л. М. Развитие огнеупорной отрасли – отклик на запросы потребителей / Л. М. Аксельрод // Новые огнеупоры. 2013. № 3. С. 107–122.

2. Смирнов А. Н. Основные тенденции развития рынка огнеупорных материалов [Электронный ресурс] URL: <http://steellab.com.ua/news/2014/01/01.php>.
3. Обзор рынка магнезиального сырья (магнезита и брусита) и магнезитовых порошков в СНГ (3-е изд.) / INFOMINE Research Group. М. : ИнфоМайн, 2011. 137 с.
4. Зырянова В. Н. Использование магнезиосодержащих отходов в производстве строительных материалов: дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Зырянова. Новосибирск, 1987. 249 с.
5. Перепелицын В. А. Техногенное минеральное сырье Урала / В. А. Перепелицын, В. М. Рывтин, В. А. Коротеев и др. Екатеринбург : РИО УрО РАН, 2013. 332 с.
6. Хуснутдинов В. А. Физико-химические основы технологии переработки нетрадиционного магнезиального сырья на чистый оксид и другие соединений магния: дис. ... д-ра техн. наук / В. А. Хуснутдинов. Казань, 2000. 434 с.
7. Прокофьева В. В. Магнезиальные силикаты в производстве строительной керамики / В. В. Прокофьева, З. В. Багаушинов. СПб. : Золотой орел, 2005. 160 с.
8. Хорошавин Л. Б. Магнезиальные огнеупоры: справочник / Л. Б. Хорошавин, В. А. Перепелицын, В. А. Кононов. М. : Интермет Инжиниринг, 2001. 576 с.
9. Kramer D. A. Current mining of olivine and serpentine // U. S. Geological Survey Open-Pile Report, Reston. Virginia, 2002. 256 p.
10. Shand M. A. The Chemistry and Technology of Magnesia. John Wiley&Sons, Inc., 2006. 263 p.

## АЛГОРИТМЫ И СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПОРНЫХ МНОЖЕСТВ ПРИЗНАКОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ НАДЕЖНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ

*Бекмуратов Косим Аллабердиевич*  
кандидат технических наук, доцент Самаркандского филиала Ташкентского университета  
информационных технологий, Самарканд, Узбекистан.  
*Холматов Орзумурод Абжалолович*  
магистрант Самаркандского филиала  
Ташкентского университета информационных технологий, Самарканд, Узбекистан.

### ALGORITHMS AND SOFTWARE TOOLS FORMATION OF REFERENCE SET OF FEATURES PROVIDING RELIABLE RECOGNITION

*Bekmuratov Kosim Allaberdiyevich,*  
associate professor of technical science Samarkand branch of  
Tashkent University of information technologies, Tashkent, Uzbekistan.  
*Xolmatov Orzumurod Abjalolovich,*  
master Samarkand branch of Tashkent University of information technologies, Tashkent, Uzbekistan..

#### АННОТАЦИЯ

В данной статье приводится методика нахождения предельнодопустимой размерности пространства комбинации признаков. Предложены принципы формирования системы опорных множеств с учетом предельнодопустимой размерности комбинации признаков относительно конкретного образа. Разработан алгоритм и программное обеспечение, обеспечивающее требуемые качества и надежность распознавания объектов.

#### ABSTRACT

In this article, the technique of finding the maximum allowable dimensions of the feature space. The principles of formation of the system of support sets based extremely allowable dimension combinations of features on a specific image. The algorithm, which provides the required object recognition for quality and objects.

**Ключевые слова:** объект, признак, класс, эталонная выборка, контрольная выборка, объем эталонной выборки, системы опорных множеств, качество и надежность распознавания, вероятность ошибки, предельная размерность пространства, сумма голосов, решающее правило.

**Key words:** object, sign, class, reference sample, the control sample, the volume of the reference sample, the system of support sets, quality and reliability recognition, the probability of error, the limiting dimension of the space, the amount of votes, the decision rule.