

На правах рукописи

Сутула Ия Геннадьевна

**СМЕШАННЫЕ МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ
ИЗ НИЗКООБЖИГОВОГО БРУСИТА И МАТЕРИАЛЫ
НА ИХ ОСНОВЕ**

**Специальность 05.17.11 – Технология силикатных и
тугоплавких неметаллических материалов**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Томск 2008

Работа выполнена на кафедре строительных материалов Алтайского государственного технического университета им. И.И.Ползунова

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| Научный руководитель | – | доктор технических наук, профессор
Козлова Валентина Кузьминична |
| Официальные оппоненты | – | доктор технических наук, профессор
Саркисов Юрий Сергеевич

кандидат технических наук, доцент
Эрдман Светлана Владимировна |
| Ведущая организация | – | Байкальский институт природопользования СОРАН |

Защита состоится « 9 » декабря 2008 года в 14.00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.269.08 в Томском политехническом университете по адресу: 634050, г. Томск, пр-т Ленина, 43.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета по адресу: 634050, г. Томск, ул. Белинского, 55.

Автореферат разослан

« 7 » ноября 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Петровская Т.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы В настоящее время значительно возросли, и продолжают расти, цены на основной компонент традиционных строительных материалов – цемент. В связи с увеличением объемов современного строительства в связи с нехваткой вяжущего широко используется цемент, импортируемый из-за границы.

Дефицит вяжущих требует расширения их номенклатуры, а также использования отходов различных промышленных производств. Это обеспечивает экономию природных ресурсов, снижение энергозатрат на производство сырья и материалов на его основе.

В странах Европы и Китае наряду с цементом в производстве строительных материалов широко применяются магнезиальные вяжущие. Из других стран на наш рынок поступают материалы на их основе. Несмотря на огромные запасы высокомагнезиального сырья, в России не получило распространение производство по получению магнезиальных вяжущих веществ и изготовление строительных материалов на их основе, хотя в последние годы стало больше внимания уделяться изучению свойств магнезиальных цементов на основе таких горных пород, как магнезиты и доломиты различных месторождений.

Уникальным сырьем для производства магнезиальных вяжущих веществ является брусит, в котором содержание оксида магния является максимальным по сравнению с другими видами магнезиального сырья. Кроме того, активный MgO можно получать при обжиге брусита при температуре 450-500 °С.

Однако, оксид магния, полученный при низкотемпературном обжиге сырья характеризуется очень высокой активностью и способен быстро взаимодействовать с затворителями – растворами солей магния, вызывая разогрев магнезиального теста и камня до 70-100 °С и образование сквозных трещин.

Изучение свойств низкообжигового магнезиального вяжущего, методы устранения трещинообразования магнезиального камня, исследование влияния различных добавок, позволит разработать составы для получения бездефектных материалов на основе каустического брусита, расширить сырьевую базу вяжущих веществ. При этом частично решается проблема утилизации отходов целлюлозной и горнорудной промышленности.

Настоящая работа выполнялась в рамках плановых научных работ Алтайского государственного технического университета и хозяйственных договоров 13-08 и 4-07 с ООО «Новинком».

Цель работы

Разработка не склонного к растрескиванию в процессе гидратации и твердения магнезиального вяжущего, полученного низкотемпературным обжигом бруситовой породы.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- выявить причины трещинообразования магнезиального камня на основе низкообжигового каустического брусита;
- исследовать влияние минеральных и органических добавок на свойства получаемого смешанного магнезиального вяжущего;
- исследовать физико-химические процессы взаимодействия компонентов при твердении магнезиальных вяжущих веществ на основе каустического брусита;
- подобрать оптимальные затворители для получения прочного магнезиального камня из высокоактивного магнезиального вяжущего;
- разработать составы и технологии изготовления теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов на основе низкообжигового каустического брусита.

Научная новизна работы:

1. Установлено, что при низкотемпературном обжиге (450-500 °С) брусита образуется высокоактивный оксид магния, при взаимодействии с водой образующий прочный бездефектный магнезиальный камень. Коэффициент размягчения такого магнезиального камня более 0,7.

2. Установлено, что в смесях низкообжигового каустического брусита с гидролизным лигнином, при затворении водой, остатки серной кислоты из лигнина переходят в раствор и реагируют с высокоактивным оксидом магния с образованием гидросульфатов, что является основой получения смешанного магнезиального вяжущего.

3. Установлено, что высокоактивный оксид магния, образующийся в результате низкотемпературного обжига брусита при взаимодействии с водой и растворами солей гидратируется полностью, продуктами гидратации являются гидроксид магния, гидроксохлориды магния или гидрокосульфаты.

Практическая ценность:

1. Разработаны технологические параметры производства конструкционно-теплоизоляционных материалов на основе лигно-магнезиального вяжущего при затворении сырьевой смеси водой.

2. Предложены составы производства быстро твердеющих пенобетонов различной плотности и назначения на смешанном магнезиальном вяжущем, полученном из низкообжигового каустического брусита с минеральными добавками.

3. Предложены составы для производства теплоизоляционных материалов, включающих каустический брусит, лигнин и пенополистирольные гранулы при использовании в качестве затворителя воды.

4. Выпущена опытно-промышленная партия лигно-брусита, результаты физико-механических испытаний которой подтверждают результаты лабораторных исследований

Реализация результатов работы :

Результаты проведенных исследований реализованы при выпуске опытно-промышленной партии конструкционно-теплоизоляционного лигно-брусита, изготовленного из низкотемпературного каустического брусита с добавкой лигнина.

Испытания проведены в период с 21.04.08 г. по 25.04.08 г. при участии сотрудников кафедры «Строительные материалы» Алтайского государственного технического университета им. И.И.Ползунова под руководством д.т.н., проф. В.К. Козловой с участием сотрудников ООО «Новинком».

На защиту выносятся:

1. Способы устранения трещинообразования магнезиального камня на основе высокоактивного магнезиального вяжущего, полученного низкотемпературным обжигом брусита.

2. Композиции на основе каустического брусита, позволяющие получать прочный, не склонный к растрескиванию магнезиальный камень на основе смешанного магнезиального вяжущего с активными минеральными добавками.

3. Обоснованность применения в качестве затворителя воды для получения смешанных магнезиальных вяжущих с использованием гидролизного лигнина.

4. Теплоизоляционные и теплоизоляционно-конструкционные материалы на основе смешанных магнезиальных вяжущих из высокоактивного каустического брусита.

Апробация работы:

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на десятых академических чтениях РААСН «Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения», г. Казань, 2006 г.; на XIII Международном семинаре Азиатско-Тихоокеанской академии материалов (АТАМ) «Строительные и отделочные материалы. Стандарты XXI века» НГАСУ, г. Новосибирск, 2006 г.; на Международной научно-практической конференции «Строительство - 2007», Рост. гос. строительный ун-т, г. Ростов-на-Дону, 2007 г.; на Международной научно-практической конференции «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии», БГТУ, г. Белгород, 2007 г.

Публикации

Основные положения диссертации опубликованы в 11 работах, в том числе в двух статьях в центральном рецензируемом издании, рекомендованном ВАК РФ.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов по работе, списка литературы из 111 наименований и 1 приложения. Работа изложена на 138 страницах текста, содержит 17 таблиц, 36 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование выбора темы, оценка актуальности работы, сформулированы цель работы, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе *«Анализ литературных данных по вопросам производства магнезиальных вяжущих и материалов на их основе»* приведены сведения о различных видах магнезиального сырья и способам получения магнезиальных вяжущих на его основе. Вопросами получения магнезиальных вяжущих, исследованием их свойств и механизмов гидратации занимались многие ученые (А.А. Байков, В.Н. Юнг, И.П. Выродов, Б.Н. Бутт, А.С. Каминскас, В.С. Рамачандран, В.И. Верещагин, В.К. Козлова, С.В. Самченко, Л.Я. Крамар и ряд других ученых).

Рассмотрены различные виды магнезиального сырья и способы получения из них магнезиальных вяжущих веществ, а также виды используемых затворителей. Приведены различные точки зрения на фазовые превращения при твердении магнезиального камня и состав продуктов гидратации.

Большинство исследовательских работ, посвященных получению и использованию магнезиальных вяжущих веществ, направлено на решение проблем трещиностойкости получаемых материалов. Магнезиальные вяжущие, полученные при низких температурах обжига или содержащие значительное количество пережога при затворении растворами солей растрескиваются в процессе гидратации и твердения.

Основным способом устранения трещинообразования вяжущих, получаемых из высокомагнезиального сырья, на данный момент считается, повышение температуры обжига до 1100 °С, позволяющее получать вяжущее с умеренной активностью.

В данной работе показана эффективность получения высокоактивного магнезиального вяжущего низкотемпературным обжигом брусита Кульдурского месторождения.

Охарактеризованы основные направления использования низкообжигового магнезиального вяжущего в производстве различных строительных материалов.

Во второй главе *«Материалы и методики исследований»* охарактеризованы методы физико-механических и физико-химических испытаний, определения технологических свойств исходных компонентов и получаемых на основе высокоактивного каустического брусита материалов.

Фазовый состав продуктов гидратации магнезиальных вяжущих изучен с помощью дифференциально-термического анализа, термогравиметрического и рентгенофазового методов анализа. Дифференциально-термогравиметрический анализ выполняли на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдеи. Рентгенофазовый анализ – на дифрактометре «ДРОН-3».

В качестве сырьевых материалов в работе использовали брусит Кульдурского месторождения, такие минеральные добавки как доломит, дунит. Активной органической добавкой, используемой в работе, является гидролизный лигнин.

В качестве затворителей использовались водные растворы солей магния различной концентрации, дистиллированная вода, водопроводная вода и раствор слабой угольной кислоты. При изготовлении пенобетона на смешанных магнезиальных вяжущих использовали пенообразователи ПБ-2000 и «Неопор».

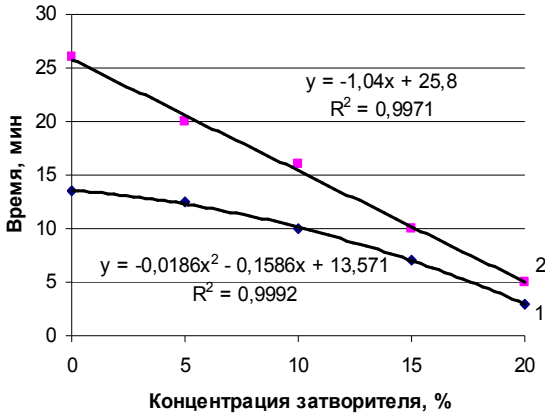
Водостойкость материала оценивали по коэффициенту размягчения. Воздухостойкость магнезиального камня различных составов характеризовали по карбонизационной стойкости, подвергая принудительной карбонизации в карбонизаторе под давлением 0,4 МПа.

В третьей главе «Особенности свойств магнезиальных вяжущих из Кульдурского брусита» описано влияние температуры обжига на активность получаемого MgO в каустическом брусите. Согласно данным дифференциально-термического анализа, температура разложения брусита – 420 °С. Обоснован низкотемпературный обжиг брусита, позволяющий получать высокоактивное магнезиальное вяжущее при минимальных затратах энергии.

Такой обжиг исключает образование периклазовых мотивов, не участвующих в процессах гидратации, и приводящих к значительному понижению эффективности использования получающегося продукта в качестве магнезиального вяжущего. Каустический брусит получали обжигом брусита при температуре 450-500 °С.

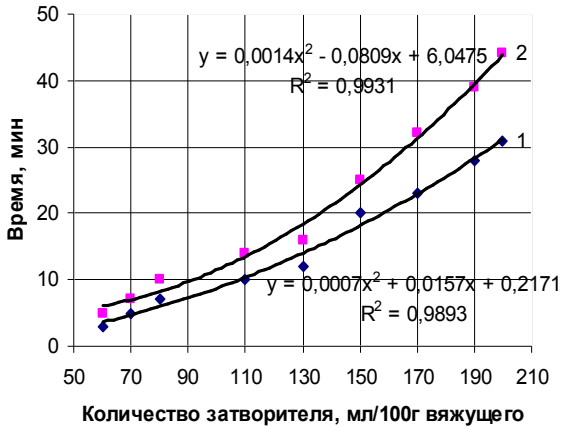
Показаны свойства высокоактивного каустического брусита. Низкообжиговый каустический брусит имеет очень короткие сроки схватывания, зависящие от концентрации затворителя и от его количества.

Снижение концентрации соли значительно удлиняет сроки схватывания, что показано на рисунке 1. Увеличение количества затворителя также значительно удлиняет сроки схватывания магнезиального теста (рисунок 2).



1 - Начало схватывания 2 - Конец схватывания

Рисунок 1 – Зависимость сроков схватывания от концентрации раствора MgCl_2



1 - Начало схватывания 2 - Конец схватывания

Рисунок 2 – Зависимость начала и конца схватывания от количества 20 %-ного раствора MgCl_2 (мл/100 г вяжущего)

Главной причиной трещинообразования при гидратации низкообжигового каустического брусита является протекание экзотермической реакции взаимодействия высокоактивного MgO с растворами солей магния. Предложено увеличение количества затворителя до 130 мл на 100 г вяжущего (в случае затворения 20 %-ным раствором MgCl_2) и до 170 мл на 100 г вяжущего (в случае затворения 20 %-ным MgSO_4), чем исключается

разогрев магнезиального теста и камня до высоких температур при достижении высокой прочности. Влияние количества затворителя на прочность магнезиального камня отражено на рисунке 3.

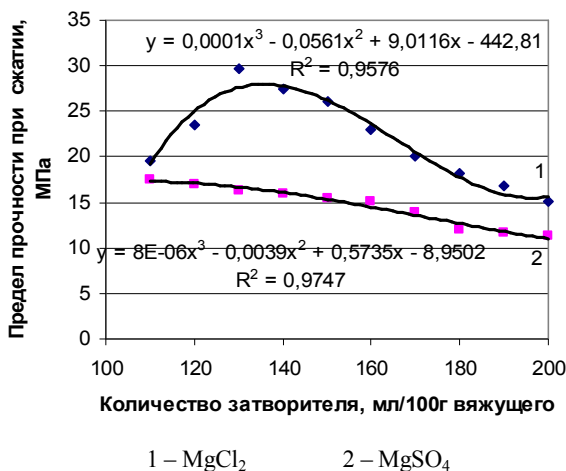


Рисунок 3 – Зависимость прочности магнезиального камня от количества затворителя (мл/100 г MgO)

Для получения бездефектного магнезиального камня, при использовании в качестве затворителя воды или раствора угольной кислоты, использовался каустический брусит более грубого помола (до содержания частиц 80 микрон в пределах 45-55 %). Полученный материал имеет прочность при сжатии от 12 МПа (при затворении раствором угольной кислоты) до 43 МПа (при затворении водой) и отличается повышенной водостойкостью ($K_{\text{разм.}} = 0,70-0,75$).

Основными продуктами гидратации при взаимодействии каустического брусита с растворами солей являются гидроксид магния, гидроксохлориды или гидроксосульфаты магния, при взаимодействии с водой – только $\text{Mg}(\text{OH})_2$. На рентгенограммах продуктов гидратации (рисунок 4 а, б) представлены рентгенограмма низкообжигового каустического брусита (а) и продуктов гидратации высокоактивного оксида магния при затворении водой (б).

На рентгенограмме продуктов гидратации каустического отсутствуют дифракционные максимумы, относящиеся к MgO , так как при низкотемпературном обжиге брусита исключено образование структур $-\text{Mg}-\text{O}-\text{Mg}-\text{O}-$ или $(-\text{Mg}-\text{O}-)_x$, которые характеризуются неполной гидратацией.

При гидратации высокоактивного MgO образуются фазы состава $\text{Mg}(\text{OH})_2$, и $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, при взаимодействии с раствором MgCl_2 , либо $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ при затворении раствором MgSO_4 .

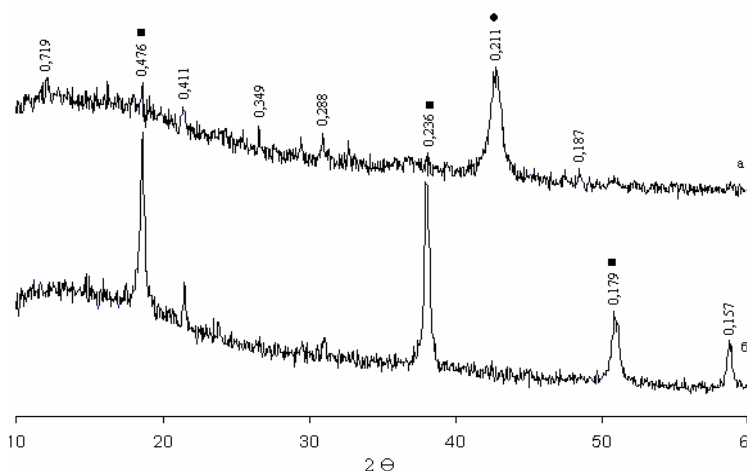


Рисунок 4 – Рентгенограммы каустического брусита (а) и продуктов гидратации высокоактивного магнезиального вяжущего при затворении водой (б)

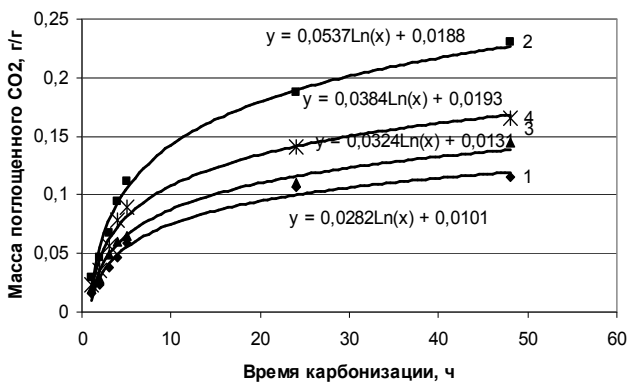
- – $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- ◆ – MgO

Для магнезиального камня оптимальных составов (таблица 1), обеспечивающих получение бездефектного материала, изучены процессы карбонизации (рисунок 5).

Таблица 1 – Свойства и состав магнезиального теста и бездефектного магнезиального камня, получаемого на основе высокоактивного каустического брусита при использовании различных затворителей

Вид затворителя	Количество затворителя, % от массы вяжущего	Предел прочности при сжатии, МПа	$K_{\text{разм}}$
Раствор MgCl_2 (20 %)	110	29,75	0,30
Раствор MgSO_4 (20 %)	140	13,82	0,32
Раствор H_2CO_3	85	12,75	0,75
Вода	50	43,70	0,70

Выявлено, что магнезиальный камень, полученный при взаимодействии высокоактивного каустического брусита с водой обладает большей карбонизационной стойкостью, чем камень, получаемый при затворении вяжущего растворами солей.



1 – H_2O 2 – MgCl_2 3 – MgSO_4 4 – Раствор угольной кислоты

Рисунок 5 – Динамика поглощения CO_2 продуктами гидратации каустического брусита с различными затворителями в процессе принудительной карбонизации.

В четвертой главе «Смешанные магниезиальные вяжущие на основе низкообжигового каустического брусита» показана эффективность применения низкообжигового высокоактивного каустического брусита при получении смешанных магниезиальных вяжущих. Обосновано применение в качестве минеральных добавок доломита и дунита. Оптимальным количеством вводимых добавок является 80 %, получаемый при таком количестве доломита или дунита магниезиальный камень не растрескивается в процессе гидратации и твердения и имеет высокую прочность при сжатии (39-49 МПа). Прочностные показатели магниезиального камня, получаемого на основе смешанного магниезиального вяжущего, в зависимости от вида добавки, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость прочности при сжатии магниезиального камня на основе смешанных магниезиальных вяжущих в зависимости от вида и количества добавки

	Вид добавки	Количество вводимой добавки, % масс.								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
$R_{сж}$, МПа	Доломит	21,81	25,65	28,41	32,50	36,25	36,50	36,75	39,90	19,90
	Дунит	22,10	25,75	27,13	39,38	41,60	44,66	45,95	49,63	26,90
Примеч.		Сквозные трещины					Трещины на поверхности		Трещин нет	

При взаимодействии высокоактивного MgO с растворами хлорида и сульфата магния образуются высокопрочные соединения, которые являются цементирующей связкой мелких частиц минеральных добавок.

Эффективной органической добавкой для получения бездефектного магнезиального камня на основе высокоактивного магнезиального вяжущего, полученного низкотемпературным обжигом брусита, является гидролизный лигнин. Содержание лигнина (до 90 % от массы вяжущего) в магнезиальном вяжущем на основе каустического брусита удлиняет сроки схватывания теста. Оптимальное количество лигнина, обеспечивающее исключение трещинообразования магнезиального камня, – более 40 %. Обладая прочностью от 3 до 16 МПа при средней плотности 900-1150 кг/м³ составы с 40-90 % органической добавки от массы вяжущего имеют $K_{разм}$ до 0,45.

Особенности лигнина как активного заполнителя, в случае взаимодействия с высокоактивным MgO в составе каустического брусита, делают возможным применение его в качестве органической добавки при затворении лигно-магнезиальной смеси водой. При обеспечении экономии достаточно дорогих солей магния для приготовления затворителей получаемый лигно-магнезиальный камень обладает, при средней плотности от 820 до 1102 кг/м³, высокими показателями прочности при сжатии (от 4,5 до 25 МПа) и водостойкостью ($K_{разм}$ до 0,79) (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристики лигно-магнезиального теста и камня при затворении сырьевых смесей водой

Состав, % масс.		Нормальная густота, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	$K_{разм}$	Примечания
Вяжущее	Лигнин					
95	5	64	16,21	-	-	Трещины на поверхности
90	10	63	21,05	-	-	-/-
85	15	62	25,00	1246	0,57	Трещин нет
80	20	68	17,25	1102	0,63	-/-
75	25	73	15,55	1047	0,73	-/-
70	30	79	14,00	1007	0,79	-/-
65	35	84	8,13	965	0,76	-/-
60	40	88	7,38	921	0,75	-/-
55	45	102	6,25	873	0,59	-/-
50	50	125	4,51	820	0,58	-/-

Содержащаяся в гидролизном лигнине серная кислота (до 2,4 %), переходя в состав затворителя, обеспечивают присутствие в продуктах гидратации гидросульфатов магния, помимо гидроксида магния и гидроксохлоридов, в случае затворения раствором хлорида магния. При затворении лигно-магнезиальных составов водой продуктами гидратации являются $Mg(OH)_2$ и гидроксосульфаты (рисунок 6).

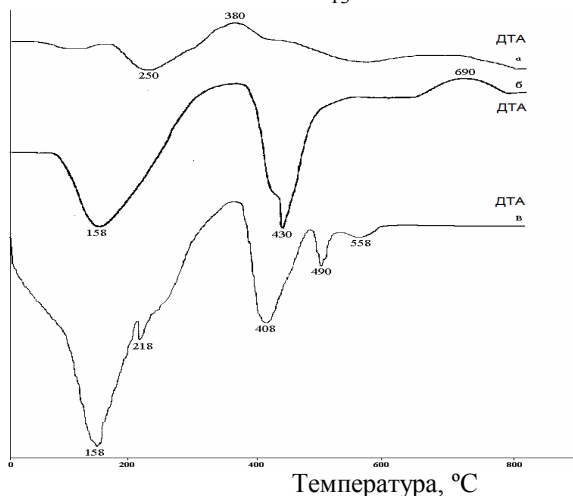


Рисунок 6 – Термограммы лигнина (а) и продуктов гидратации лигно-магнезиального вяжущего, затворенного водой (б) и раствором MgCl_2 (в)

Выявлено, что при использовании в качестве добавки гидролизного лигнина более рационально использование воды в качестве затворителя, что обеспечивает получение более качественного материала при значительной экономии на приготовлении затворителя.

В пятой главе «Получение теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных материалов из смешанных магнезиальных вяжущих на основе каустического брусита» рассмотрены составы для получения теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов на основе высокоактивного магнезиального вяжущего. Приведены их основные технико-эксплуатационные характеристики.

Предложены составы для получения пенобетона на смешанных магнезиальных вяжущих из каустического брусита и минеральных добавок. Полученные материалы имеют плотность от 395 до 900 кг/м^3 и прочность от 0,5 до 3,5 МПа.

Из лигно-магнезиальных сырьевых смесей на основе высокоактивного каустического брусита при затворении раствором MgCl_2 или водой могут быть получены конструкционно-теплоизоляционные материалы. При затворении раствором MgCl_2 , изготовленные образцы имеют более низкую водостойкость, чем при затворении водой. В качестве сырьевых смесей для получения конструкционно-теплоизоляционных материалов рекомендованы составы, содержащие гидролизный лигнин в количестве 15–50% от массы смеси при затворении ее водой. Свойства получаемых материалов приведены в таблице 4. Марка по плотности и минимальная

прочность приведены в соответствии с требованиями ГОСТ 27005-86 «Бетоны легкие и ячеистые. Технические условия».

Таблица 4 – Основные свойства лигно-брусита на основе высокоактивного каустического брусита с добавкой лигнина при затворении водой

Количество лигнина в сырьевой смеси, %	Марка по плотности	Прочность, МПа		$K_{разм}$	Теплопроводность, Вт/(м·°C)
		Фактическая	Минимально допустимая		
20	D1200	17,25	6,6	0,63	0,212
25	D1100	15,55	6,6	0,73	0,206
30	D1100	14,00	6,6	0,79	0,196
35	D1100	8,13	6,6	0,76	0,189
40	D1000	7,38	6,6	0,75	0,184
45	D900	6,25	3,27	0,59	0,170
50	D900	4,51	3,27	0,58	0,161

Производство конструкционно-теплоизоляционных материалов на основе высокоактивного каустического брусита с добавкой гидролизного лигнина позволяет получать качественные строительные материалы, утилизируя отходы химической переработки древесины.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Для получения магниального вяжущего, обладающего высокой активностью и полностью гидратирующегося при взаимодействии с водой и растворами солей, температура обжига брусита не должна превышать 450-500 °C. Высокая активность каустического брусита может быть наиболее эффективно использована при получении смешанных магниальных вяжущих и при снижении концентрации затворителей.

2. Главной причиной трещинообразования низкообжигового каустического брусита является протекание экзотермической реакции при взаимодействии высокоактивного MgO с растворами солей магния. При увеличении количества затворителя до 110 % от массы вяжущего (в случае затворения 20 %-ным раствором $MgCl_2$) и до 140 % (в случае затворения 20 %-ным $MgSO_4$) снижается температура разогрева магниального теста и камня, исключается трещинообразование.

3. При более грубом измельчении низкообжигового каустического брусита (до содержания частиц размером 80 микрон не более 55 %), при взаимодействии с водой, образуется прочный магниальный камень. Количество воды для получения нормальной густоты теста составляет 50-55 %, начало схватывания наступает через 36-38 минут, конец – через 43-45 минут. Получаемый материал характеризуется высоким пределом прочности при сжатии – 43 МПа, повышенной для магниальных вяжущих водостойкостью ($K_{разм.} = 0,7$).

4. Основными продуктами гидратации при взаимодействии каустического брусита с растворами солей являются гидроксид магния, гидроксохлориды или гидроксосульфаты магния. На рентгенограммах продуктов гидратации отсутствуют дифракционные максимумы, относящиеся к MgO , так как при низкотемпературном обжиге брусита исключено образование периклазовых мотивов. При взаимодействии высокоактивного MgO с растворами солей магния образуются фазы состава $[\text{HO}-\text{Mg}-\text{Cl}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$, или $\text{Mg}(\text{OH})_2\cdot\text{MgCl}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$, при взаимодействии с раствором MgCl_2 , либо $\text{Mg}(\text{OH})_2\cdot\text{MgSO}_4\cdot n\text{H}_2\text{O}$ при затворении раствором MgSO_4 .

5. Магнезиальный камень, полученный при взаимодействии высокоактивного каустического брусита с водой обладает большей карбонизационной стойкостью, чем камень, получаемый при затворении вяжущего растворами солей.

6. Эффективным способом обеспечения трещиностойкости магнезиального камня на основе высокоактивного каустического брусита является введение активных минеральных добавок – доломита и дунита. Оптимальным количеством вводимых добавок является 80%, получаемый при таком количестве доломита или дунита магнезиальный камень не растрескивается в процессе гидратации и твердения и имеет высокую прочность при сжатии (39-49 МПа).

7. Бездефектный магнезиальный камень на основе высокоактивного магнезиального вяжущего, полученного низкотемпературным обжигом брусита, может быть получен при использовании добавки гидролизного лигнина. Оптимальное количество лигнина, при затворении лигно-магнезиальных смесей раствором MgCl_2 , обеспечивающее исключение трещинообразования магнезиального камня – 40–90 %. Взаимодействие с высокоактивным MgO в составе каустического брусита, делает возможным применение лигнина в качестве активной органической добавки при затворении лигно-магнезиальной смеси водой. Оптимальное количество добавки лигнина при затворении водой составляет 20-50 %. При обеспечении экономии достаточно дорогих солей магния для приготовления затворителей получаемый лигно-магнезиальный камень обладает, при средней плотности от 820 до 1250 кг/м^3 , высокими показателями прочности при сжатии (от 4 до 25 МПа) и водостойкостью ($K_{\text{разм.}} = 0,57-0,79$). При затворении лигно-магнезиальных составов водой продуктами гидратации являются $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и гидроксосульфаты.

8. На основе смешанных магнезиальных вяжущих из высокоактивного каустического брусита с добавками доломита и дунита могут быть получены пенобетоны плотностью от 400 до 900 кг/м^3 и прочностью от 0,5 до 3,5 МПа.

По разработанным технологиям, на основе каустического брусита и лигнина с применением в качестве затворителя раствора хлорида магния и воды, получены конструкционно-теплоизоляционные материалы со сред-

ней плотностью от 820 до 1105 кг/м³, пределом прочности при сжатии 4,5–17,5 МПа, коэффициентом размягчения до 0,79. Показано, что наиболее рационально применение воды, так как позволяет получать материалы с повышенной водостойкостью при упрощении и удешевлении технологии получения затворителей.

Применение пенополистирольных гранул в качестве легкого заполнителя позволяет получать теплоизоляционные материалы на основе лигно-магнезиальных смесей.

9. Разработанная технология получения теплоизоляционно-конструкционных материалов подтверждена промышленным выпуском изделий (блоков) из лигно-бруситовых смесей на предприятии ООО «Новинком». Себестоимость 1 м³ изделий составила 1100 рублей, что обеспечивает высокую эффективность их изготовления и использования.

Основные положения работы изложены в следующих публикациях:

1. **Сутула И.Г.**, Гущина Е.Н., Маноха А.М. Изучение свойств смешанных магнезиальных вяжущих на основе брусита. // Ползуновский вестник, № 2. Ч. 2, 2006. – С. 217-219

2. Козлова В.К., **Сутула И.Г.**, Гущина Е.Н., Маноха А.М. Применение низкообжиговых магнезиальных вяжущих при получении теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов // Ползуновский вестник, № 3, 2008. – С. 232-235.

3. Козлова В.К., Маноха А.М, Гущина Е.Н., **Сутула И.Г.** Разработка способов комплексного использования доломитов. // Десятые академические чтения РААСН. – Пенза-Казань, 2006. – С. 291-293.

4. Козлова В.К., Маноха А.М, Гущина Е.Н., **Сутула И.Г.** Свойства магнезиальных вяжущих на основе брусита. // Труды XIII Международного семинара Азиатско-Тихоокеанской академии материалов "Строительные и отделочные материалы. Стандарты XXI века"/ Новосибирский государственный арх.-строит. универ. (Сибстрин); Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН. – Новосибирск: НГАСУ, 2006. – Т. 1. – С. 47-49.

5. Козлова В.К., **Сутула И.Г.**, Гущина Е.Н., Маноха А.М. Изучение свойств смешанных магнезиальных вяжущих на основе брусита. // Материалы международной научно-практической конференции "Строительный комплекс России: наука, образование, практика". – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – С. 143-145.

6. Козлова В.К., **Сутула И.Г.**, Гущина Е.Н., Маноха А.М. Влияние различных добавок на свойства магнезиальных вяжущих на основе брусита. // Материалы Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. строительный ун-т, 2007. – С. 117-118.

7. Козлова В.К., **Сутула И.Г.**, Гущина Е.Н., Маноха А.М. Магнезиальные вяжущие вещества на основе высокоактивного каустического брусита. // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии». – Белгород: Издательство БГТУ, 2007– Ч. 2.- С. 112-115.

8. Козлова В.К., Гущина Е.Н., **Сутула И.Г.** Исследование свойств гипсомагнезиальных вяжущих на основе брусита. // Сборник трудов всероссийской научно-практической конференции «Инновации, качество, образование – перспективы развития дорожного комплекса России». – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. – Ч. 2 – С. 72-74.

9. Козлова В.К., **Сутула И.Г.**, Гущина Е.Н., Маноха А.М. Магнезиальные вяжущие вещества на основе брусита. // Тезисы докладов 64-й научно-практической конференции. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2007. – С. 66-68.

10. Козлова В.К., **Сутула И.Г.**, Гущина Е.Н., Маноха А.М. Применение дунита в производстве вяжущих веществ на основе высокоактивного каустического брусита. // Материалы III Международной научно-практической конференции «Приоритеты и особенности развития Байкальского региона». – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2008. – С. 354-355.

11. Козлова В.К., **Сутула И.Г.**, Гущина Е.Н., Маноха А.М. Теплоизоляционно-конструкционные материалы на основе высокоактивного магнезиального вяжущего. // Материалы III Международной научно-практической конференции «Приоритеты и особенности развития Байкальского региона». – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2008. – С. 356-357.

Подписано в печать 5.11.08 г. Формат 60×84 1/16.

Печать - цифровая. Усл.п.л. 1,16.

Тираж 100 экз. Заказ 2008 – 67

Отпечатано в типографии АлтГТУ

656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

тел.:(8-3852) 36-84-61