

неразрывности диска перекрытия, обладает более высокими показателями по тепло- и звукоизоляции перекрытия и покрытия, а также имеет меньшую массу в сравнении со зданиями из сборного и монолитного железобетона.

Список источников

1. Каинов Е. А. Анализ и оценка потребительских свойств объектов со сборно-монолитным каркасом с использованием метода экспертных оценок // Вестник современных исследований. 2019. № 1.8(28). С. 83-88.
2. Зотеева Е. Э., Фомин Н. И. Новые технологические и конструктивные решения по устройству монолитных и сборно-монолитных перекрытий гражданских зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 2. С. 336-341.
3. Мордич А. И., Белевич В. Н., Симбиркин В. Н., Навой Д. И. Опыт практического применения и основные результаты натурных испытаний сборно-монолитного каркаса БелНИИС //Бюллетень строительной техники. 2004. № 8. с. 8-12.
4. Копривица Б. Применение каркасной системы ИМС для строительства жилых и общественных зданий //Жилищное строительство. 1984. №1. с. 30-32.
5. Мордич А. И., Садоху В. Е., Подлипская И. И., Таратынова Н.А. Сборно-монолитные преднапряжённые перекрытия с применением многопустотных плит //Бетон и железобетон. 1993. № 5. с. 3-6.

УДК 691.215.1:691.5:661.25

ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ДИГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ И ЕГО ПЕРЕРАБОТКА НА ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ

М.И. Кузьменков¹, Е.В. Лукаш², Д.М. Кузьменков³, Н.М. Шалухо⁴

¹ Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский государственный технологический университет, профессор, kuzmenkov.bgtu@mail.ru

² Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский государственный технологический университет, доцент, ellukash@belstu.by

³ Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский государственный технологический университет, старший преподаватель, 310 chtvm@mail.ru

⁴ Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский государственный технологический университет, доцент, shalukho@belstu.by

Аннотация: в работе изложено состояние производства гипсовых вяжущих в Республике Беларусь и за рубежом; организация технологии получения синтетического гипса из промышленных отходов, в частности, отработанной серной кислоты в производстве жаростойкого волокна «Арселон» в ОАО «СветлогорскХимволокно» (Республика Беларусь, г. Светлогорск, Гомельская обл.) и отсева известняка ОАО «Белорусский металлургический завод» (Республика Беларусь, г. Жлобин, Гомельская обл.). Синтетический гипс соответствует гипсу высшего сорта, что делает его перспективным для получения высококачественных гипсовых вяжущих. Приведены способы переработки синтетического гипса на гипсовые вяжущие: высокопрочный и строительный гипс. Рассмотрены основные технологические стадии их производства. Полученные гипсовые вяжущие будут востребованы при производстве сухих строительных смесей, гипсовых форм, при производстве строительных материалов.

Гипсовые вяжущие и изделия на их основе являются малоэнергоёмкими перспективными строительными материалами. При высоких потребительских свойствах (гигиеничность, огнестойкость, биостойкость, обеспечение благоприятного климата в помещении) они имеют не высокую стоимость по сравнению с другими строительными материалами. Удачное сочетание свойств гипсовых вяжущих предопределило их достаточно высокую долю в общем балансе минеральных вяжущих. Так, в Германии доля гипсовых вяжущих в общем балансе минеральных вяжущих составляет 25–27%, в США – около 20% [1]. В России в настоящее время доля гипсовых вяжущих составляет не более 5% в общем балансе минеральных вяжущих, а в Беларуси этот показатель менее 1%. Номенклатура производимых гипсовых вяжущих в СНГ и в Беларуси весьма узкая – строительный гипс около 95%, высокопрочный гипс около 5%. Доля ангидритового вяжущего незначительна, а многофазные (полиминеральные) не производятся, хотя их количество во многих странах неуклонно растёт, достигнув в настоящее время около 30% [1].

Несмотря на то, что в Республике Беларусь есть достаточно крупное разведанное месторождение гипса – Бриневское (Петриковский р-н, Гомельская обл.) существует проблема сырьевой базы для производства гипсовых вяжущих. Месторождение гипса Бриневское является единственным месторождением сульфатного сырья в Республике Беларусь. В связи со сложными гидрогеологическими условиями, значительной обводненностью сульфатоносных толщ в настоящее время месторождение не разрабатывается. Ежегодно страна вынуждена ввозить порядка 200–250 тыс т. гипсового камня [2]. Единственным производителем гипсовых вяжущих в Беларуси из импортируемого камня является ОАО «Белгипс» (аг. Гатово, Минский р-н). Исходя из вышеизложенного, в настоящее время потребность в гипсовых вяжущих покрывается исключительно за счёт импорта.

В учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» разработана технология производства синтетического двухводного сульфата кальция из отработанной в производстве жаростойкого волокна «Арселон» серной кислоты (ОАО «СветлогорскХимволокно») и отхода дробления известняка ОАО «Белорусский металлургический завод» [1, 3]. Такое направление в гипсовой промышленности является сравнительно новым и поэтому детально не разработанным.

В технологическом цикле производства жаростойкого волокна «Арселон» в ОАО «СветлогорскХимволокно» ежегодно образуется около 10 000 т (в пересчёте на 100% серную кислоту) разбавленной 52–55% серной кислоты. Она направляется в цех водоснабжения, канализации, нейтрализации и очистки сточных вод на нейтрализацию импортной кальцинированной содой и утилизацию в биологических очистных сооружениях предприятия, а затем сливается в реку Березина, впадающую в Днепр.

Отработанная серная кислота имеется на многих предприятиях различного профиля: химического, стекольного, машиностроительного. В настоящее время на ряде предприятий переработка отработанной серной кислоты на полезные продукты не производится, нанося, тем самым, вред окружающей среде.

Технологический процесс производства синтетического гипса в ОАО «СветлогорскХимволокно» включает следующие стадии: прием и складирование отсева известняка в крытом складе; дробление и помол отсева известняка; нейтрализация кислоты в реакторном отделении карбонатом кальция; сгущение образующейся пульпы с целью укрупнения размера частиц синтетического гипса; фильтрация пульпы в непрерывно работающих центрифугах; отделение осадка дигидрата сульфата кальция; возврат фильтрата на стадию приготовления карбонатной суспензии.

С участием чешской компании ООО СУЛТРЕЙД был разработан рабочий проект, поставлено необходимое оборудование, его монтаж и пуско-наладочные работы. Реализация данного проекта обеспечила годовой экономический эффект около 550 тыс. долл. США, позволила решить важную экологическую задачу – утилизацию отработанной серной кислоты, что улучшило экологическую обстановку в регионе, а также привело к снижению затрат на нейтрализацию и утилизацию отработанной кислоты.

Полученный синтетический гипс соответствует 1 сорту, содержит 95–97% дигидрата сульфата кальция, имеет удельную поверхность около 2900 см²/г и в настоящее время используется в качестве сырьевого компонента на заводах по производству газосиликатных блоков по литьевой технологии.

Более перспективным направлением дальнейшей переработки синтетического гипса будет получение гипсовых вяжущих, потребность в которых в Республике Беларусь покрывается за счет импорта. На кафедре химической технологии вяжущих материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» разработаны физико-химические основы переработки синтетического гипса на высокопрочное гипсовое вяжущее и строительный гипс.

Переработка синтетического дигидрата сульфата кальция на высокопрочные гипсовые вяжущие обусловлена потребностью предприятий, например, производящих гипсовые формы для отливки санитарных керамических изделий. Особенностью высокопрочного гипсового вяжущего являются не только его высокие прочностные показатели, но и существенные ограничения относительно содержания в нем посторонних примесей. Использование синтетического сырья в производстве гипсовых вяжущих обеспечивает стабильность свойств.

Получение высокопрочного гипсового вяжущего с требуемыми физико-механическими свойствами возможно по технологии с применением автоклава и введением необходимых добавок. Введение пластифицирующих добавок на стадии помола позволяет повысить прочность почти в 2 раза, а применение современных гиперпластификаторов позволяет из высокопрочных гипсовых вяжущих марок Г13, Г16 получать супергипс, например, для ортопедической стоматологии с прочностью через 1 ч более 20 МПа согласно ГОСТ 51887-2002.

Автоклавный способ, включает следующие технологические стадии: сушка синтетического гипса до оптимальной влажности, обеспечивающей требуемое уплотнение пресс-формы во время прессования; брикетирование синтетического гипса; автоклавирование; сушка брикетов для удаления остаточной влажности после тепловлажностной обработки с целью предотвращения температурного провала; помол брикетов и упаковка целевого продукта.

Свойства гипсового вяжущего, полученного по указанной технологии, приведены в таблице [4].

Таблица 1 – Свойства высокопрочного гипса

Наименование показателя	Значение показателя	
	фактическое	соответствие требованиям ГОСТ 125
1. Прочность, МПа – на сжатие – на изгиб	16,0 6,0	соответствует
2. Тонкость помола по остатку на сите № 02, мас. %, не более	0,1	соответствует
3. Сроки схватывания, мин – начало – конец	21 не нормируется	соответствует медленноотвердеющим
4. Водопоглощение, мас. %	32	соответствует

Переработку синтетического гипса на строительный гипс планируется осуществлять с использованием в качестве основного технологического аппарата – барабанного кальцинатора. Особенность его конструкции состоит в том, что по всему поперечному сечению кальцинатора установлены трубы, по которым подаются дымовые газы. Материал подается по межтрубному пространству. Такой способ передачи теплоты исключает непосредственный контакт дымовых газов с материалом. Данный способ получения

строительного гипса из тонкодисперсного порошка дигидрата сульфата кальция успешно реализован во многих европейских странах для переработки сульфогипса, образующегося вследствие нейтрализации сернистого газа на ТЭЦ, работающих на твердом топливе [5].

Список источников

1. Кузьменков, М.И. Переработка отработанной серной кислоты ОАО «СветлогорскХимволокно» на синтетический гипс и высокопрочное гипсовое вяжущие / М.И. Кузьменков, М.А. Комаров, Д.М. Кузьменков, Н.Г. Короб // Труды БГТУ. – Минск, 2017. – С. 3–5.
2. Юдаев, С.А. Гидрогеологические условия Бриневского месторождения гипса и ангидрита / Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений: материалы VIII Университетских геол. чтений, 3–4 апр. 2014 г., Минск, Беларусь / редкол. А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. в 2-х частях – Минск: «Цифровая печать» 2014. – Ч. 2. 86 с.
3. Патент ВУ 23444, МПК⁶ С 01F 11/46. Способ получения дигидрата сульфата кальция: № а20190355: заявл. 11.12.2019; опубл. 29.04.2021 / Комаров М.А., Кузьменков М.И., Короб Н.Г., Сакович А.А.; заявитель и патентообладатель УО БГТУ.
4. Кузьменков, М.И. Пути переработки синтетического гипса на гипсовые вяжущие / М.И. Кузьменков, Н.М. Шалухо, Е.В. Лукаш, Д.М. Кузьменков // Химическая технология и техника: материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января-17 февраля 2023 г. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 50–53.
5. Кузьменков, М.И. Технология производства синтетического дигидрата сульфата кальция и переработка его на строительный гипс / М.И. Кузьменков, Д.М. Кузьменков, В.И. Вовк // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2020. – № 10. – С. 101–108.

УДК 691

ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.В. Морозова¹, М.А. Фролова², А.А. Шинкарук³, С.Е. Аксенов⁴

¹Россия, г. Архангельск, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, доцент, m.morozova@narfu.ru

²Россия, г. Архангельск, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, доцент, m.aizenstadt@narfu.ru

³Россия, г. Архангельск, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, доцент, a.shinkaruk@narfu.ru

⁴Россия, г. Архангельск, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, доцент, s.aksenov@narfu.ru

Аннотация: В статье рассмотрена проблема утилизации отходов горнодобывающей промышленности, которые в обводненном состоянии ежегодно накапливаются в прудах-отстойниках, затрудняя работу обогатительной фабрики и оказывая негативное влияние на экологию региона. Была предложена последовательность по переработке данных отходов, состоящая из следующих этапов: выделение из суспензии оборотной воды твердой фазы методом электролитной коагуляции; обезвоживание и последующая активация сапонитсодержащего отхода с помощью механического двухстадийного помола в мельницах. Такой подход позволил получить минеральный сапонитсодержащий порошок, являющийся комплексным сырьем для получения строительных материалов. Эффективность