

много дешевле, чем любые меры по радонозащите в уже существующем здании.

Таким образом, обеспечение выполнения норм радиационной безопасности в строительном комплексе Республики Беларусь за счет снижения облучения от естественных и искусственных радионуклидов, содержащихся в строительных материалах и конструкциях, облучения от радона, будет способствовать улучшению экологической обстановки в республике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Council Directive 2013/59EURATOM of December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation, and repealing // Official Journal of the European Union.– 17.1.2014. – 73 p. –Availableat:http://eur.

2. РадонвприродныхитехногенныхкомплексахБеларуси/ А.В. Матвеев, А.П. Стародубова, А.В.Кудельскийидр. // Литосфера.- Мн., 1996. – №5. – С.27–35.

3. Губская А.Г., Липницкий Л.В., Лярский С.П. Решение проблемы защиты населения Могилевской области от воздействия радона // Белорусский строительный рынок. Мн., 2003. – №17–18. – С. 20–21.

УДК 691.54

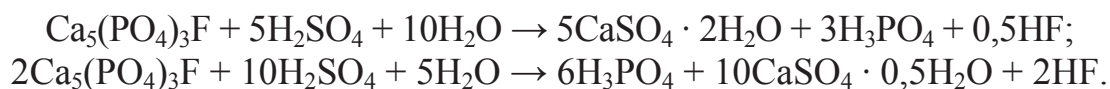
ПОДГОТОВКА СУЛЬФАТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ СУЛЬФОАЛЮМОФЕРРИТНЫХ ЦЕМЕНТОВ

Р. Каминская¹, А. Эйсинас¹, А.А. Мечай², Е.И. Барановская²

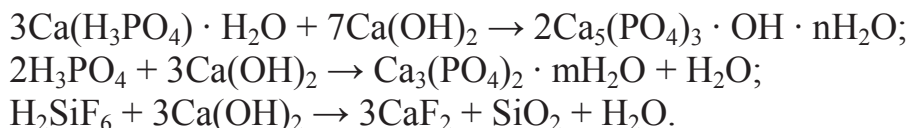
¹Каунасский технологический университет, г. Каунас

²Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Ежегодно в мире в отвалах складировается около 150 миллионов тонн техногенного гипса. Поэтому проблема утилизации этих отходов решается в глобальном масштабе. Только в Литве в процессе экстракции фосфорной кислоты серной кислотой из апатитов на свалки транспортируется около 1 млн. тонн в год полугидрата фосфогипса (E-PG). Фосфогипс может быть получен в дигидратном или полугидратном состоянии с учетом технологического регулирования процесса экстракции фосфорной кислоты из апатита:



Особенно вредны растворимые кислые соединения фтора и фосфора, блокирующие гидратацию гипсового вяжущего и осложняющие возможность использовать фосфогипс для других целей. Чтобы избежать отрицательных эффектов вышеуказанных кислых примесей на возможность использования гипсового вяжущего, необходимо нейтрализовать их щелочными добавками. Наиболее исследованы процессы нейтрализации, происходящие при репульпации фосфогипса с необходимым количеством гидроксида кальция:



Тот факт, что до сих пор один из самых многотоннажных минеральных отходов – E-PG – не используется в качестве недорогого технологического сырья, показывает, что эта проблема не решена ни глобально, ни на национальном уровне.

В Литве были разработаны две технологии, предназначенные для переработки дигидратного или полугидратного фосфогипса. Для переработки дигидратного фосфогипса была предложена технология получения фосфоангидрита [1], суть которой заключается в следующем. Кислый фосфогипс нейтрализуется известковым молоком в мельницах для глины, добавляется глина и дисперсная активная добавка, содержащая аморфный SiO_2 . Состав сырьевой смеси включал, мас. %: фосфогипс – 79,0–79,0, глина – 16,0, активный SiO_2 – 4,0, известь гидратная – 0,5–1,0. Полученная смесь обжигается во вращающейся печи при температуре 850–900 °С, а охлажденный гранулят подвергается помолу с получением ангидритового цемента. Основные физико-механические свойства: начало схватывания – 1 ч 20 мин, конец – 2 ч 15 мин, прочность на сжатие через 28 суток – 20–30 МПа, на изгиб 3–4,5 МПа.

Эта технология стала неработоспособной после модернизации технологии производства фосфорной кислоты, поскольку в качестве побочного продукта образуется полугидрат сульфата кальция, который при транспортировке сырья затвердевает. В отвалах такой материал постепенно превращается в искусственный камень (прочность на сжатие ~ 10 МПа) и его переработка становится крайне затруднительной.

Для переработки полугидратного фосфогипса была предложена технология, которая основана на новых принципах его механической активации [2–4]. Суть технологии заключается в следующем. Неостывший (60–70 °С) полугидратный фосфогипс вместе с нейтрализующими добавками механически активируется в дезинтеграторе. В ходе

активации разрушается исходная кристаллическая структура фосфогипса и из ее капиллярных дефектов и пустот удаляются кислые примеси. Добавки, имеющие основной характер (портландцемент, MgO, карбонатная опока и др.), интенсивно нейтрализуют кислую среду, в том числе кислые соединения, высвобождаемые при разрушении первичной структуры. При правильном подборе нейтрализующей добавки растворимых кислых соединений, блокирующих гидратацию и твердение Е-РГ, почти не остаётся. Создаётся структура вяжущего материала с новыми функциями, свойствами и возможностями использования.

Предлагаемая технология позволяет использовать подготовленный фосфогипс для синтеза сульфоалюминатных или сульфоалюмоферритных цементов.

Для исследования использовались фосфогипс, карбонатная опока и глина с достаточным содержанием оксида алюминия. Химический состав сырья приведен в таблице 1.

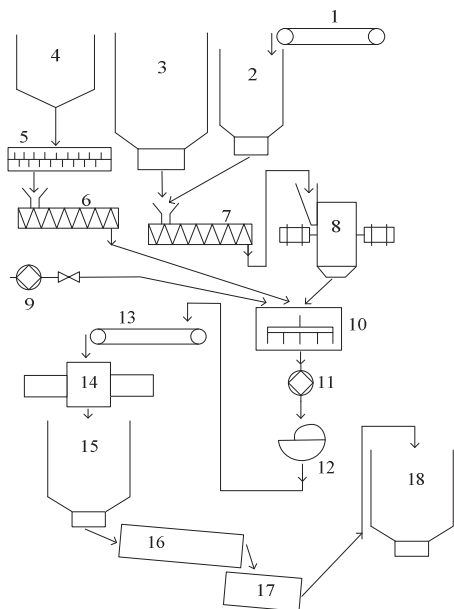
Принимая во внимание рН фосфогипса (2,37), состав смеси был подобран так, чтобы содержание карбоната кальция в опоке было достаточным для нейтрализации фосфогипса и подъема рН до нейтрального(7,1).

Средний состав сырьевой смеси для первоначальной нейтрализации: 91,5–93,6% фосфогипса и 7,4–9,5 % карбонатной опоки. После нейтрализации в систему добавляется 15% глины. Некоторые технологические параметры: влажность смеси фосфогипса и карбонатной опоки – 26,5%, рН –7,1, влажность смеси с добавленной глиной и водой – 70%, влажность отфильтрованной смеси – 45%. Принципиальная технологическая схема представлена на рисунке 1.

Таблица 1– Химический состав сырья

Содержание оксидов в сырье, мас.%	Карбонатная опока	Фосфогипс	Глина
SiO ₂	54,1	–	56,12
Al ₂ O ₃	2,7	0,1	19,36
Fe ₂ O ₃	1,3	0,1	7,78
CaO	23,2	30,45	0,88
MgO	0,62	–	2,09
Na ₂ O	0,24	–	0,31
K ₂ O	0,87	–	3,61
SO ₃	–	44,6	–
F	–	0,3	–
P ₂ O ₅	–	1,45	–
п.п.п.	16,97	41,63	9,85

Важно отметить, что смесь нейтрализованного фосфогипса, карбонатной опоки и глины обладает вяжущими свойствами – начало схватывания составляет 25 мин., конец – 38 мин., т.е. весь технологический процесс до окончания грануляции должен длиться не более 25 минут. Химический состав продукта (%): SO_3 – 29, CaO – 25,5, SiO_2 – 13,2, Al_2O_3 – 3, Fe_2O_3 – 1,17.



1 – конвейер фосфогипса, 2 – промежуточный бункер дозатором, 3 – бункер опоки дозатором, 4 – бункер глины, 5 – разрыхлитель, 6 – винтовой дозатор, 7 – винтовой транспортер, 8 – дезинтегратор, 9 – дозатор воды, 10 – смеситель, 11 – дозирующий насос, 12 – барабанный вакуумный фильтр, 13 – транспортер, 14 – роторный гранулятор, 15 – бункер дозатором, 16 – вращающаяся печь, 17 – охладитель, 18 – бункер продукта.

Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема производства сульфатного компонента длясульфоалюмоферритных цементов

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриюшене А. и др. Способ получения ангидритного вяжущего. Патент № 44387882333-089081. 1989.
2. Валужене Б., Каминскас А. и др. Метод получения гипсового связующего материала. Патент № EN 4698 В, 25.09.2000.
3. Kaminskas A., Rimkevičius M. Extractive Semihydrate Gypsum ($\text{E-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). *Materialscience*. 2000, Vol. 6, N. 4, p. 325–329.
4. Римкевичюс М., Каминскас А. и др. Свойства механически активированного экстракционного фосфогипса. *Modern building materials, structures and techniques. Abstracts of the 7 international conference*. Vilnius: Technika, 2001, p. 68–69.