

Вторичное использование отходов промышленности

Н.А. Гальцева¹, П.В. Попов², Котов Д.А.¹, Голотенко Д.С.¹

¹Национальный исследовательский Московский государственный университет

²Волжский филиал ВолГУ

Аннотация: Вторичное использование отходов промышленности всегда было актуально. В современном мире с развитием технологий и строительной индустрии необходимо находить новые возможности для утилизации отходов промышленности. Одним из вариантов утилизации является получение синтетического ангидрита. Особенности производства и готового продукта переработки затрудняют использование вяжущего для жилищного и гражданского строительства. Изучение процесса твердения ангидритового вяжущего и свойств образующегося камня позволяет его применять при разных технологиях изготовления строительных конструкций на основе этого вяжущего.

Ключевые слова: гипс, ангидрит, синтетический ангидрит, отходы промышленности.

В современном быстроразвивающемся мире, где потребности человека с каждым годом неумолимо растут, насчитывается большое количество заводов, каждый из которых осуществляет выброс вредных веществ, оказывая тем самым негативное влияние на природные экосистемы. Отходы, образующиеся в процессе производства продукции, подвергаются последующей утилизации либо вторичному использованию [1]. Первый вариант ликвидации подразумевает складирование мусора на полигонах. Утилизация подобного рода, как минимум, приводит к иррациональной эксплуатации земельного ресурса, а с течением времени - к строгому запрету использования его в области сельского хозяйства. Иной способ утилизации предполагает сжигание отходов в инсинераторах. Технологический процесс мусоросжигания сопровождается разложением веществ. Метод характеризуется повышенной токсичностью и необходимостью установки специальных газоочистных систем, что, в свою очередь, является затратным в экономическом плане.

Безусловно, каждый из упомянутых методов утилизации имел свою актуальность в конкретный период времени, однако динамичный ритм жизни всего населения и неутешительная экологическая обстановка земного шара

даёт импульс к поиску иных способов решения проблемы устранения отходов производства. Рециклинг по оценке и мнению большинства экспертов служит началом исправления сложившейся ситуации [2,3].

Вышеизложенное подтверждает неизбежность рассмотрения вопроса о возможности вторичного использования отходов производства [4,5].

Гипсовые строительные материалы широко применялись во все времена, так как их производство и применение является безопасным на всём жизненном цикле с точки зрения экологических аспектов.

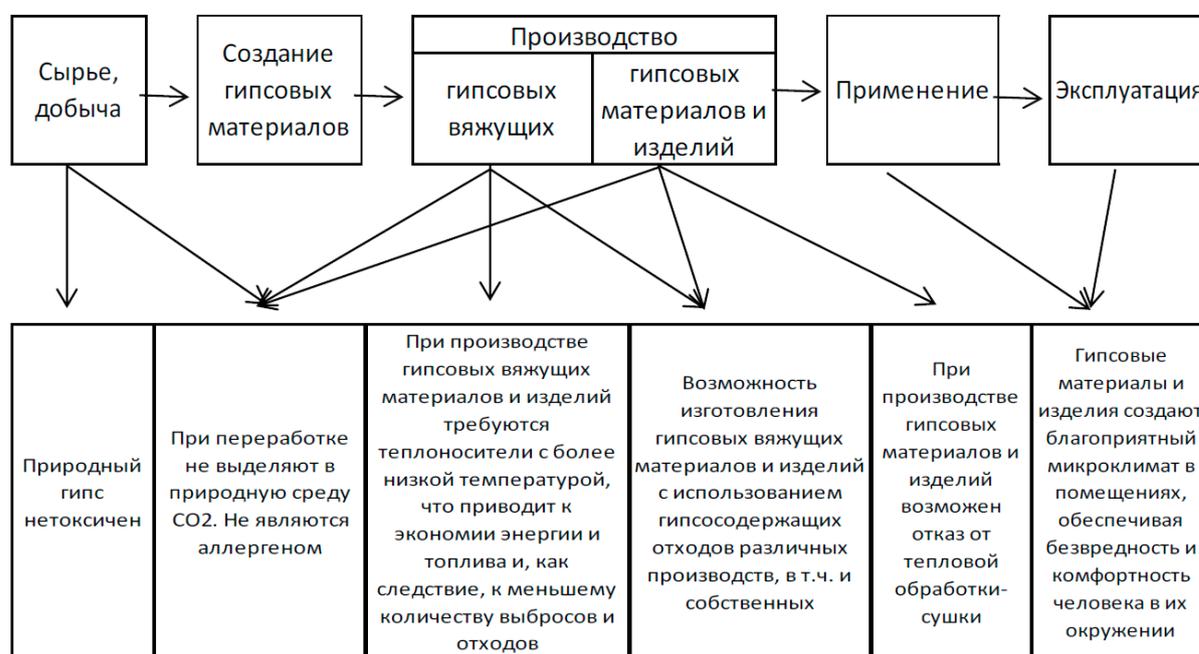


Рис. 1. – Оценка воздействия производства и применения гипсовых материалов и изделий на окружающую природную среду на всём жизненном цикле, с точки зрения экологических аспектов

Многие виды промышленности до сих пор высокоотходны. Применение технологий переработки отходов этих производств считается эффективным направлением развития промышленности. В данный момент уже известно про переработку отходов пирометаллургической промышленности в удобрения, отходов производства чугуна – в производство портландцемента.

Учитывая номенклатуру строительных материалов, в которых используются гипсовые вяжущие, одним из наиболее подходящих материалов является синтетический ангидрит. На основе синтетического ангидрита возможно производство различных строительных материалов. Наиболее его применение эффективно в закладочных смесях [6,7].

Производство сухих строительных смесей производится обычно в одном цехе завода. Составляющие сухих строительных смесей разнятся в зависимости от вида работ, для которых они предназначены. Физико-механические свойства можно корректировать, применяя различные добавки. Именно поэтому сухие строительные смеси широко распространены и их часто применяют в строительстве. Также для их приготовления не требуются специальные приборы, достаточно стандартных, находящихся на строительной площадке.

Кроме того, сухие строительные смеси легки в транспортировке, так как на заводе упаковываются в двухслойные бумажные пакеты с различным весом, и их возможно доставить на большие расстояния от заводов – производителей. При этом, сухие строительные смеси долгое время сохраняют своё качество, что позволяет хранить их (в сухом состоянии) до полугода.

Вводимые добавки способствуют повышению качества и долговечности сухих строительных смесей. Для некоторых смесей важна их прочность, для применения во влажных условиях – водостойкость. Применение различных добавок и их комбинаций позволяет увеличить качество сухих строительных смесей на основе гипсовых и ангидритовых вяжущих и, соответственно, их экономическую привлекательность для строителей.

Ангидритовое вяжущее имеет отличительные особенности, которые в некоторых случаях являются его достоинствами, а в некоторых –

недостатками. По сравнению с гипсом, ангидрит имеет более высокую прочность. Ангидрит медленнее схватывается, но и не имеет объемного расширения при твердении, что важно при заполнении ограниченных пространств раствором.

Ангидритовое вяжущее хорошо поддается модификации не только добавками, но и механо-химической активацией вяжущего, то есть, изменением тонкости помола. Основные свойства ангидритового вяжущего напрямую зависят от тонкости помола, например, прочность ангидритового вяжущего возрастает при увеличении помола.

Введение гидравлических добавок в количестве 1-4 процента, например, портландцемента, также как и в другие вяжущие, приводит к увеличению водостойкости, но получение полностью водостойкого гипса вопрос открытый и спорный.

Природный ангидрит широко используется для ангидрито-шлакоцементных смесей, но производство синтетического ангидрита открывает новые горизонты. Его физико-механические свойства сравнимы со свойствами природного ангидрита [7,8].

Производство сухих строительных смесей на основе гипсового техногенного вяжущего подразделяется на две отдельные технологические линии – линия по производству техногенного гипсового вяжущего и линия производства ССС. При этом в качестве линии по производству сухих строительных смесей могут быть использованы существующие предприятия, оснащенные разным оборудованием.

Техногенное гипсовое вяжущее поступает на производство уже в готовом виде. Способ получения техногенного гипсового вяжущего (рисунок 2) заключается в том, что на стадию разложения в непрерывном режиме подают (расход материалов приведен в расчете на 1 м³ серной кислоты) 0,54 т/ч молотого известняка (содержание 95% CaCO₃), 1,01 т/ч обратного

раствора со стадии фильтрации (32,8% масс. H_2SO_4) и 1 м³/ч серной кислоты концентрацией 75%. Разложение известняка с кристаллизацией ангидрита сульфата кальция проводят в реакторе рабочим объемом 270 м³ при температуре 80°C, содержании твердых веществ в пульпе и серной кислоты в жидкой фазе пульпы 25% и 50% соответственно. Для гомогенизации реакционной массы (пульпы) используют перемешивающие устройства. Постоянство дозировки реагентов и интенсивное перемешивание обеспечивают стабильную гомогенизацию пульпы и кристаллизацию легкофильтрующего ангидрита сульфата кальция в виде приблизительно изометричных сrostков с удельной поверхностью 1500 см²/г. Снятие чрезмерного тепла процесса с поддержанием заданной температуры осуществляют за счет испарения воды при контакте пульпы с воздухом.

Насыщенный парами воды воздух и выделившийся CO_2 выбрасываются в атмосферу.

Полученную пульпу в количестве 2,87 т/ч подают на разделение на карусельный вакуум-фильтр, осадок ангидрита сульфата кальция подвергают трехкратной прямоточной промывке горячей водой с расходом 1,28 т/ч до достаточного содержания в нем серной кислоты 0,05%.

Полученный ангидрит сульфата кальция в количестве 0,9 т/ч (влажность 20%) направляют на сушку и измельчение с последующим использованием в качестве гипсового техногенного вяжущего.

Часть образующихся на стадии фильтрации промывных растворов (1,01 т/ч) рециркулируют на стадии разложения кальций-содержащего сырья для обеспечения заданного содержания твердой фазы в пульпе и серной кислоты в жидкой фазе пульпы, а неиспользованные промывные растворы в количестве 60% от приходящего с серной кислотой на разложение направляют в производство дигидрата сульфата кальция.

Техногенное гипсовое сырье поступает на производство с заданными характеристиками. Хранение принято в силосах.

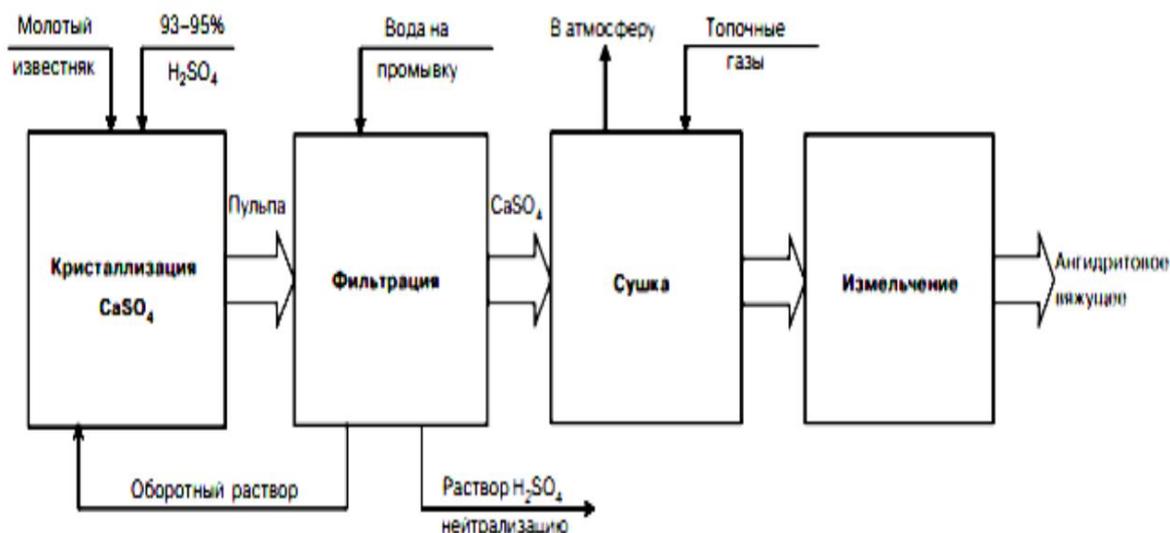


Рис. 2. – Технологическая схема производства гипсового техногенного вяжущего

В результате исследования влияния различных сульфатов на ангидритовое вяжущее, было установлено, что базовая смесь должна содержать сульфат калия. Применяемые сульфаты в зависимости от дозировки дифференцированно влияют на прочностные характеристики, то есть ангидритовое вяжущее на основе синтетического ангидрита поддается модификации, также как и на основе материалов природного происхождения [9,10].

Для реализации задач по корректировке свойств (в данном случае - прочности) ангидритового вяжущего для закладочной смеси был проведен трехфакторный эксперимент [11].

В качестве факторов варьирования были приняты: Удельная поверхность гипса, В/В - водовязущее отношение, содержание примесей.

Уровни варьирования факторов подобраны, исходя из априорных научных источников.

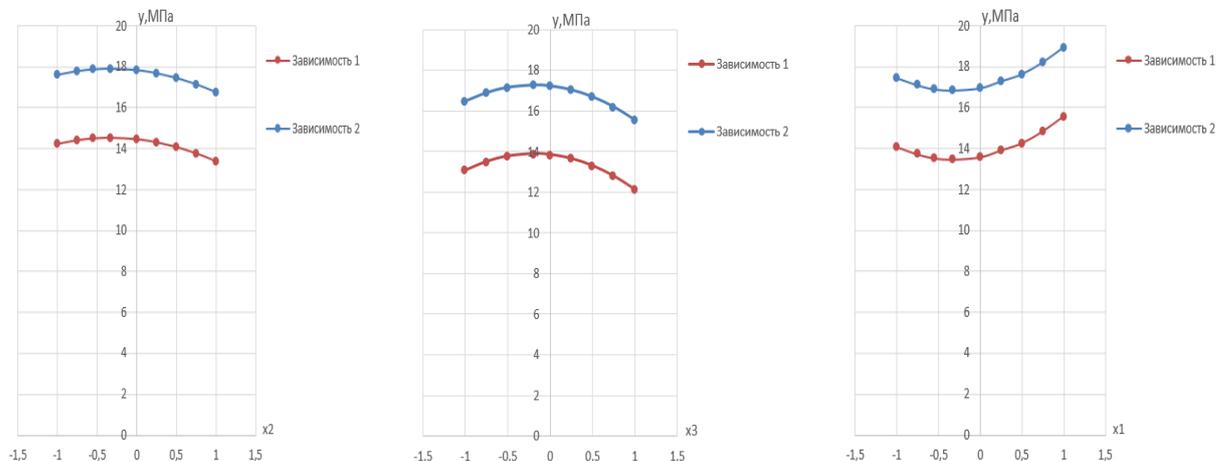


Рис. 3. – Графики зависимостей прочности при сжатии сухой строительной смеси на основе техногенного гипсового вяжущего от различных технологических факторов

Анализируя данные графики, можно сделать следующие практические выводы:

1. Удельная поверхность весьма существенно влияет на прочность гипса, зависимость при этом является квадратичной, т.е., увеличение этого фактора будет целесообразным до определенного количества.
2. Увеличение водовяжущего отношения приводит к увеличению прочности бетона, но, так как зависимость квадратичная, имеет смысл производить увеличение до определенного количества.
3. Увеличение количества примеси приводит к увеличению прочности бетона, но, так как зависимость квадратичная, имеет смысл производить увеличение до определенного количества.

Производство сухих строительных смесей на основе техногенных отходов в виде синтетического ангидрита кальция с заданными эксплуатационными характеристиками возможно. Производство сухих

строительных смесей на основе синтетического ангидрита наиболее рационально с экологической точки зрения, чем на природном ангидрите.

Литература

1. Безденежных М.А., Муниева Э.Ю., Жуков А.Д. Строительные материалы и экология // Перспективы науки. Тамбов. 2017. № 11 (98). С. 39-42.
2. Иванова Т.А., Колесникова Л.Г. Оценка эффективности применения бетонного лома в качестве крупного заполнителя для бетона // Инженерный вестник Дона, 2022, №.3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7530.
3. Киянец А.В. Эффективность применения продуктов вторичной переработки полиэтилентерефталата в бетонах // Инженерный вестник Дона, 2022, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7487.
4. Хохлова Н.В., Шестаков Н.И., Розина В.Е. Перспективы извлечения битумов из отходов гидроизоляционных материалов // Инженерный вестник Дона, 2021, №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2021/7160.
5. Едаменко А.С. Использование техногенного сырья при производстве гипсовых вяжущих // Научный обозреватель. 2013. № 4 С.92-94.
6. Galtseva N., Bogdanova A. Effective binder based on the artificial anhydrite for manufacturing of filling mixtures // International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018 MATEC Web Conf. 2018. Volume 193. 03048. URL: doi.org/10.1051/matecconf/201819303048.
7. Бурьянов А.Ф., Фишер Х.-Б., Гальцева Н.А., Махортов Д.Н., Хасаншин Р.Р. Исследование влияния различных активизирующих добавок на свойства ангидритового вяжущего // Строительные материалы. 2020. №7. С.4-9.
8. Bouzit, S., Laasri, S., Taha, M., Laghzizil, A., Hajjaji, A., Merli F., Buratti C.: Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications // Applied Sciences. 2019. 9(12). Pp. 1-15.

9. Белов В.В., Новиченкова Т.Б. Структурно-топологические особенности дисперсных систем на основе двуводного техногенного гипса // Сухие строительные смеси. 2011. №4. С.26-27.
10. Свергузова С.В., Тарасова Г.И., Чернышева Н.В., Мтибаа М. Безобжиговый способ переработки фосфогипса // Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2009. 141 с.
11. Александрова О.В., Соловьев В.Г., Староверова О.Н. Методы исследования и контроля качества строительных материалов. Москва: МГСУ, 2020. 31с.

References

1. Bezdenezhnykh M.A., Munieva E.Yu., Zhukov A.D. Prospects of science. Tambov. 2017. No. 11 (98). pp. 39-42.
2. Ivanova T.A., Kolesnikova L.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №. 3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7530.
3. Kiyanets A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7487.
4. Khokhlova N.V., Shestakov N.I., Rozina V.E. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2021/7160.
5. Edamenko A.S. Scientific Observer. 2013. No. 4 pp.92-94.
6. Galtseva N., Bogdanova A. International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018 MATEC Web Conf. 2018. Volume 193. 03048. URL: doi.org/10.1051/matecconf/201819303048.
7. Buryanov A.F., Fischer H.-B., Galtseva N.A., Mahortov D.N., Hasanshin R.R. Stroitel'nyye materialy. 2020. №7. pp.4-9
8. Bouzit, S., Laasri, S., Taha, M., Laghzizil, A., Hajjaji, A., Merli F., Buratti СюAp-plied Sciences. 9(12). 2019. 1-15.



9. Belov V.V., Novichenkova T.B. Sukhiye stroitel'nyye smesi. 2011. №4. pp.26-27.
10. Sverguzova S.V., Tarasova G.I., Chernysheva N.V., Mtibaa M. Bulletin of Belgorod state technological university V.G. Shukhova. 2009. 141 p.
11. Alexandrova O.V., Solovyov V.G., Staroverova O.N. Metody issledovaniya i kontrolya kachestva stroitel'nykh materialov [Methods of research and quality control of building materials] Moskva: MGSU, 2020. 31p.