

ВАКУУМИРОВАНИЕ КАК АНАЛОГ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАДИИ СУШКИ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО ПОЛУЧАЕМОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ СПОСОБОМ

***Аннотация.** В рамках данной работы представлена возможность получения гипсового вяжущего автоклавным способом с последующим вакуумированием вместо традиционной стадии сушки. Получены закономерности по влиянию давления и времени вакуумирования на выход конечного продукта, водогипсовое отношение и предел прочности на сжатие в 2-х часовом возрасте.*

M.A. Kamarou

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

VACUUMING AS AN ANALOGUE OF THE THERMAL STAGE OF DRYING GYPSUM BINDER OBTAINED BY HYDROTHERMAL METHOD

***Abstract.** This study presents the feasibility of producing gypsum binder using an autoclave process followed by vacuum treatment, instead of the traditional drying step. Investigations into the effects of vacuum pressure and time on the final product yield, water-gypsum ratio, and compressive strength at 2 hours were also obtained.*

В современном мире все больше получают развитие «зеленые технологии», которые решают вопросы переработки отходов, образующихся в различных отраслях промышленности [1-3] с максимальным использованием потенциала вторичного сырья. Следует отметить, что большинство отходов производства достаточно чистые для возможности их повторного использования.

Переработка вторичного сырья является актуальным решением как с точки зрения экологии, так и для получения новых материалов, которые нельзя получать из природного сырья, в связи с отсутствием его в определенных регионах. Одним из примеров перспективных технологий является получение синтетического гипса и ангидрита [4], а также гипсовых вяжущих на их основе [5] из различного вторичного сырья с переработкой побочных материалов на полезные материалы различного функционального назначения.

В промышленности широко известна вакуумная сушка – процесс удаления влаги из химических веществ или продуктов при низком

давлении, часто с использованием тепла. Этот метод особенно полезен для сушки термочувствительных материалов. Вакуумная сушка позволяет быстро высушить материалы, не подвергая их воздействию высоких температур, что минимизирует потери качества. Эта техника также широко используется в фармацевтической и биотехнологической промышленности.

Многие химические реакции протекают быстрее и эффективнее при вакууме. Использование вакуума для увеличения скорости реакции при низком давлении сокращает время производства и повышает эффективность. Кроме того, вакуумная среда может помочь предотвратить побочные реакции и уменьшить образование нежелательных соединений.

После гидротермальной обработки брикетов синтетического гипса необходимо удалить оставшуюся в них влагу во избежание обратной реакции – гидратации полуводного гипса, так называемого «температурного провала»:



Дегидратация и перекристаллизация в процессе гидротермальной обработки брикетов изменяет структуру материала, превращая ее из плотной в капиллярно-пористую с высокоразвитой внутренней поверхностью. Вода, которая интенсивно удаляется из материала при понижении давления в автоклаве, частично остается в порах материала. Возможность гидратации полуводного гипса в этом случае может привести к значительной неравномерности получаемого материала по составу, что отразится на основных технических характеристиках вяжущего.

Распространенным способом удаления остаточной влаги из образующихся пор брикетов $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ является стадия сушки [2] при температуре 105 – 120 °С и дальнейшему помолу.

Образующаяся в процессе автоклавирования капиллярно-пористая структура брикетов позволяет обосновать применение другого способа удаления остаточной влаги – вакуумирование с последующей кратковременной досушкой с целью удаления влаги с поверхности брикетов.

Брикеты синтетического гипса после автоклавирования сразу помещают в колбу, закрывая пробкой, в которую вставлена стеклянная трубка. На трубку одевается шланг, присоединенный к установке, создающей вакуум. Колба с материалом закрепляется в штативе и опускается в нагретую до 120 °С масляную баню. После этого

начинается процесс создания вакуума. Давление в 1599,6 Па было достигнуто за 10 – 15 секунд в зависимости от количества материала, помещенного в колбу. Для установления оптимального периода вакуумирования проводилась вариация временем в пределах от 5 до 60 минут. Полнота процесса оценивалась по потере массы брикетов с помощью аналитических весов. После стадии вакуумирования брикеты отправлялись в сушильный шкаф на досушку до постоянной массы при 100 – 105 °С в течении 10 – 15 минут.

Проведенные исследования прочностных показателей в 2-х часовом возрасте показало, что при давлении вакуумирования 266,6 Па в течении 25 минут прочность составила 8,62 МПа, в течении 20 минут прочность составила 8,51 МПа (ниже на 1,3 %), дальнейшее увеличение периода до 60 минут позволяет увеличить прочностные показатели до 8,74 МПа (что всего на 1,3 % выше). Исходя из полученных данных оптимальным режимом вакуумирования является процесс, протекающий при давлении вакуумирования – 266,6 Па в течении 25 минут, так как уменьшении периода всего на 5 минут влечет уменьшение прочности на 1,3 %, а увеличение периода до 60 минут влечет увеличение прочностных показателей всего на 1,3 %.

Проведенные исследования по сравнению основных физико-механических свойств полученного гипсового вяжущего, которое имеет предел прочности на сжатие в 2-х часовом возрасте 8,62 МПа при водогипсовом отношении 0,43, что всего на 5,48 % меньше чем у гипсового вяжущего получаемого по традиционной технологии (9,12 МПа при водогипсовом отношении 0,45).

Таким образом разработанный способ получения гипсового вяжущего является перспективным аналогом традиционной технологии получения, за счет замены продолжительной стадии сушки (минимальный период сушки – 2 часа) на стадию вакуумирования в течении 25 минут и последующей досушкой материала в течении 10 минут, что позволит сократить экономические затраты на топливно-энергетические ресурсы необходимые для выпуска гипсового вяжущего на основе синтетического гипса получаемого из осадков коагуляции поверхностных вод.

Список использованных источников

1 Wang C. et al. Preparation of calcium sulfate from recycled red gypsum to neutralize acidic wastewater and application of high silica residue // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2024. – Т. 26. – №. 3. – С. 1588-1595.

2 Romanovski V. et al. Gypsum binder with increased water resistance derived from membrane water desalination waste // Engineering Reports. – 2025. – Т. 7. – №. 1. – С. e13028.

3 Romanovski V. et al. Comparative analysis of the disinfection efficiency of steel and polymer surfaces with aqueous solutions of ozone and sodium hypochlorite // Water. – 2024. – Т. 16. – №. 5. – С. 793.

4 Комаров М. А., Короб Н. Г., Романовский В. И. Синтез дигидрата сульфата кальция из техногенного сырья // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – №. 16. – С. 76-82.

5 Kamarou M. et al. High-strength gypsum binder with improved water-resistance coefficient derived from industrial wastes // Waste Management & Research. – 2025. – Т. 43. – №. 2. – С. 213-224.

УДК 504.064:681.518:628.3

**М.А. Комаров¹, Н.Г. Короб¹, К.С. Каравацкая²,
В.О. Марушевский²**

¹Белорусский государственный технологический университет

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ РАСТВОРОВ И НАСЫЩЕННОГО РАСТВОРА ОЗОНА

***Аннотация.** В рамках данной работы была установлена сравнительная характеристика воздействия различных дезинфицирующих веществ на сталь марки Ст3 используемой в сетях и сооружениях водоснабжения. Проведенные испытания позволили установить, что среди исследуемых дезинфицирующих растворов, озонированная вода оказывает наименьшее разрушающее коррозионное воздействие на сталь марки Ст3.*

**M.A. Komarov¹, N.G. Korob¹, K.S. Karavatskaya²,
V.O. Marushevsky²**

¹BelSTU,

²Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE CORROSIVE ACTIVITY OF CHLORINE-CONTAINING DISINFECTING SOLUTIONS AND A SATURATED OZONE SOLUTION