

УДК 666.81.84

Рапина Т. В., к.т.н. (Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова)

ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СТОКА ИЗБЫТОЧНОЙ ВЛАГИ

Одним из наиболее эффективных методов удаления избыточной технологической влаги при изготовлении гипсовых материалов является организация физико-химического стока. Проведенные рентгенографические исследования показали, что при этом формируется более совершенная мелкокристаллическая структура гипсового камня, увеличивается его плотность и прочность.

Ключевые слова: гипсовое вяжущее, водопотребность, физико-химический сток влаги, электронно-микроскопическое исследование, прочность, электроомогенный контакт.

При изготовлении материалов для внутренней отделки помещений все большую популярность приобретают материалы на основе гипсовых вяжущих, которые обладают рядом преимуществ перед цементными. В первую очередь – это отсутствие усадочных деформаций, интенсивный набор прочности, эффективные теплофизические показатели, позитивные экологические свойства, высокая паропроницаемость. Применение соответствующих добавок позволяет регулировать сроки схватывания и жизнеспособность смесей в широких пределах. Так же отличительной особенностью гипсовых растворов в сравнении с цементными растворами является пониженный расход материала, что позволяет из одинаковой массы сухой смеси на гипсовой основе получить в 2 раза больший объем готового материала, чем из цементного раствора.

Вместе с тем эти преимущества не способствуют массовому использованию материалов из гипсовых растворов в современном строительстве [1]. Их широкое распространение ограничивается тем, что данные вяжущие при производстве изделий имеют высокую водопотребность (50-70%) для достижения требуемой пластичности раствора, при этом избыточная технологическая влага отрицательно влияет на процесс структурообразования и прочность изделий, и дополнительно создает проблему их длительного высыхания.

Анализ работ по данной тематике показывает, что поиск решения указанных проблем ведется только в одном направлении – разработка пластифицированных гипсовых растворов, где уменьшение технологической влаги достигается за счет разжижающей способности суперпластификаторов. На этом принципе основано производство всех сухих строительных смесей [1-6]. Использование супер-пластификаторов в составах сухих строительных смесей в комбинации с другими модифицирующими добавками позволяет создавать высокопрочные строительные растворы, предназначенные как для ручного, так и для механизированного нанесения [4]. Для модифицированных растворов характерно водогипсовое отношение приблизительно в 2 раза меньшее, по сравнению с традиционными растворами. Однако, наиболее эффективные из используемых, суперпластификаторов отечественного производства обладают неудовлетворительными экологическими показателями из-за входящих в состав соединений бензола, нафталина, фенола, формальдегида. Пластификаторы нового поколения – поликарбонилаты и полиакрилаты, называемые гиперпластификаторами, являются продуктами импортного производства, и соответственно для них, особенно в нынешней экономической ситуации, характерна высокая стоимость.

Поэтому здесь требуются принципиально новые научные и технологические подходы решения этой задачи.

Одним из наиболее эффективных вариантов решения указанных проблем может быть интенсификация процесса структурообразования гипсовых материалов за счет удаления избыточной технологической влаги с помощью физико-химического стока влаги (ФХСВ) [7].

Ранее экспериментально было установлено, что при использовании ФХСВ значительно сокращается время сушки изделий, при этом их прочность увеличивается на $26 \div 38\%$ по сравнению с аналогичной вяжущей системой, твердеющей без стока влаги [7]. По аналогии с количественной теорией прочности портландцемента [8], предполагается, что это свидетельствует об увеличении прочности или количества электрогомогенных контактов, образованных частицами гипса, за счет их уплотнения [7].

Для верификации выше представленной гипотезы и более глубокого изучения процесса твердения в данной работе выполнены электронно-микроскопические исследования гипсовых систем с ФХСВ.

Исследования гипсовых модельных систем проводили путем анализа цифровых снимков, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа *Jeol JSM-840*. Изучали исходный полугидрат сульфата кальция и образцы гипсовых систем, как без стока влаги, так

и с ФХСВ.

Электронно-микроскопический снимок (ЭМС) исходного вяжущего представлен на рис. 1.

Кристаллы $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ разнообразной формы имеют размеры в длину от 0,2 мкм до 30 мкм. При этом наибольшие из них игольчатой формы. Поперечный размер таких кристаллов варьируется в широких пределах от 0,4 мкм до 10 мкм.

Кристаллы наиболее представительной фракции, имеющие размеры до 5 мкм, преимущественно столбчатой, пластинчатой и зернистой формы, также присутствуют коротко- и длиннопризматические кристаллы. Встречаются агрегаты из этих частиц размером до 10 мкм.

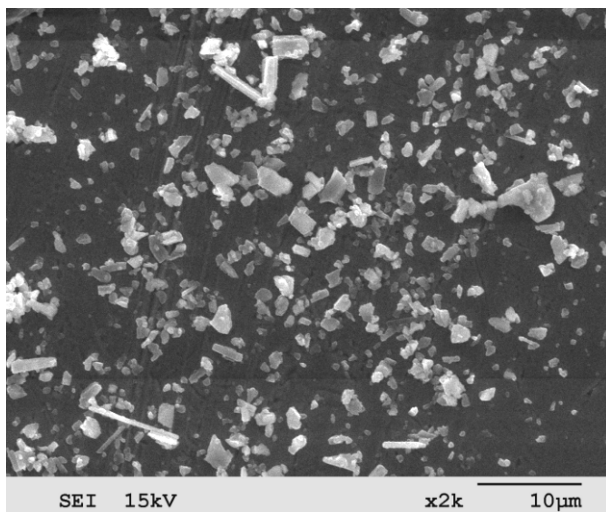


Рис. 1. ЭМС исходного гипсового вяжущего ($\times 2000$)

На рис. 2 видно, что гипсовый камень в системе без стока влаги содержит преимущественно крупные кристаллы призматической формы, значительно крупнее, чем кристаллы полуводного гипса. Структура камня характеризуется низкой плотностью, содержит большое количество крупных капиллярных пор, имеющих в основном щелевидную форму. Очевидно, их образование обусловлено удалением излишней воды, введенной при затворении вяжущего.

Поры гипсового камня образованы кристаллами двуводного сульфата кальция длиннопризматической формы, которые, образуя в ос-

новном параллельные сростки из 10-20 кристаллов, образуют как бы «войлочную» высокопористую структуру.

Длиннопризматические кристаллы имеют длину до 15 мкм. Наблюдаются также в небольшом количестве пластинчатые кристаллы.

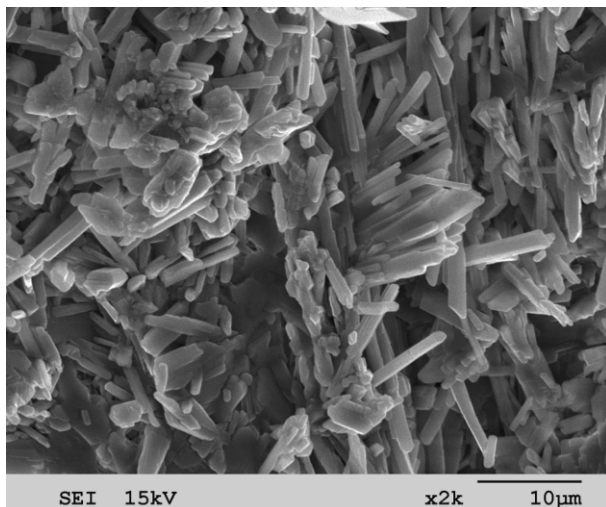


Рис. 2. Структура гипсовой модельной системы без стока влаги ($\times 2000$)

В гипсовой системе с ФХСВ наблюдаются значительные изменения структуры материала самонивелирующегося слоя (рис. 3). Значительно увеличивается плотность камня, снижается количество пор, происходит их перераспределение по размерам в сторону уменьшения. Длина кристаллов уменьшается в 2-4 раза по их активной грани.

Увеличилось количество кристаллов пластинчатой формы. Средний размер составляет до 2 мкм, максимальный – до 8 мкм.

На рис. 3 четко просматривается слоистое сложение пластинчатых кристаллов, формирование таких частиц полностью соответствует слоистому строению их кристаллической решетки.

Отмеченные изменения структуры гипсового камня являются следствием интенсивного снижения количества излишней влаги в результате организованного физико-химического стока, образуется мелкокристаллическая структура гипсового камня, в которой наблюдается большее число контактов между кристаллами $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

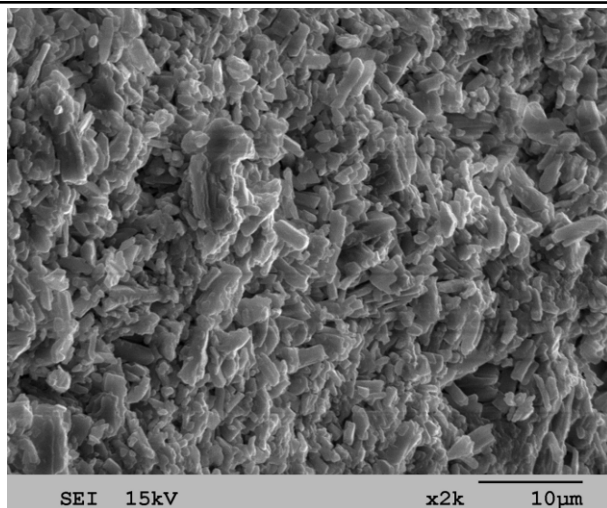


Рис. 3. Структура гипсовой модельной системы с ФХСВ ($\times 2000$)

При этом согласно теории электрогетерогенных взаимодействий цементных систем, твердение вяжущих обусловлено образованием между частицами электрогетерогенных и электрогомогенных контактов [10], причем твердение неводостойких гипсовых вяжущих обусловлено формированием электрогомогенных контактов между одноименно-заряженными частицами двуводного гипса (рис. 4). Эти контакты и являются определяющими для конечной прочности гипсовых материалов [10-13].



Рис. 4. Схема электрогомогенного взаимодействия между частицами $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Таким образом, электронно-микроскопические исследования показали, что за счет физико-химического стока влаги наблюдаются значительные изменения структуры гипсового камня – увеличивается его

плотность, снижается количество пор. И в целом формируется более совершенная мелкокристаллическая структура, в которой отмечается большее число микроконтактов между кристаллогидратами. Совместный эффект роста количества контактов и их уплотнение приводит к увеличению прочностных характеристик.

Изложенные представления могут быть широко использованы для совершенствования существующих и создания новых технологических воздействий и технологий изготовления гипсовых материалов.

1. Баженов Ю. М. Технология сухих строительных смесей [Текст] / Ю. М. Баженов, В. Ф. Коровяков, Г. А. Денисов. – М. : АСВ, 2003. – 96 с.
2. Безбородов В. А. Сухие смеси в современном строительстве [Текст] / В. А. Безбородов, В. И. Белан, П. И. Мешков. – Новосибирск : Наука, 1998. – 95 с.
3. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник [Текст] / Под ред. А. В. Ферронской. – М. : АСВ, 2004. – 488 с.
4. Рунова Р. Ф. Технологія модифікованих будівельних розчинів [Текст] / Р. Ф. Рунова, Ю. Л. Носовський. – К. : КНУБІА, 2007. – 256 с.
5. Урецкая Е. А. Сухие строительные смеси: материалы и технологии [Текст] / Е. А. Урецкая, Э. И. Батяновский. – М. : АСВ, 2001. – 208 с.
6. Karni J. Gypsum in construction: origin and properties [Текст] / J. Karni, E. Karni // Materials and Structures. – 1995. – V. 28. – № 2. – P. 92–100.
7. Рапіна К. О. Гіпсові само-нівелюючі стяжки з фізико-хімічним стоком вологи: Автореф. дис. ... канд. техн. наук [Текст] / К. О. Рапіна. – Харків : УкрДАЗТ, 2009. – 20 с.
8. Плугин А. Н. Электрогетерогенные взаимодействия при твердении цементных вяжущих: Дисс. ... д-ра хим. наук [Текст] / А. Н. Плугин. – К. : ИКХХВ, 1989. – 282 с.
9. Плугин А. Н. Природа коагуляционных контактов и их роль в обеспечении прочности и водостойкости вяжущих и композиционных материалов [Текст] / А. Н. Плугин, А. А. Плугин // Создание новых композиционных материалов и повышение эксплуатационной надежности и сроков службы конструкций и сооружений на железнодорожном транспорте. Т. 1. – 1996. – № 26. – С. 39–46.
10. Механизм структурообразования и дегидратации гипсовых вяжущих [Текст] / [А. Н. Плугин, Х. Б. Фишер, А. А. Плугин, К. А. Рапина] // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 115. – С. 5–22.
11. Рапина Т. В. Анализ исследований по повышению водостойкости гипсовых вяжущих [Текст] / Т. В. Рапина, К. А. Рапина // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. – Вып. 101. – К. : Техника, 2011. – С. 26–31.

Рецензент: д.т.н., проф. Кондращенко Е.В. (Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова)

Rapina T. V., Candidate of Engineering (Kharkiv National University of Municipal Economy named after A.N. Beketov)

ELECTRON MICROSCOPY STUDIES OF GYPSUM MATERIALS AT AN INTENSIFICATION RUNOFF EXCESS MOISTURE

One of the most effective methods to remove excess moisture technology in the manufacture of gypsum materials is the organization of physical and chemical runoff. Conducted by X-ray studies have shown that this formed a more perfect fine crystalline structure of gypsum increases its density and strength.

Keywords: gypsum binder, water demand, physico-chemical runoff water, electron microscopic examination, strength, elektrogomogenny contact.

Рапіна Т. В., к.т.н. (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова)

ЕЛЕКТРОННО-МІКРОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІПСОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СТОКУ НАДЛИШКОВОЇ ВОЛОГИ

Одним з найбільш ефективних методів видалення надлишкової технологічної вологи при виготовленні гіпсових матеріалів є організація фізико-хімічного стоку. Проведені рентгенографіческие дослідження показали, що при цьому формується більш досконала дрібнокристалічна структура гіпсового каменю, збільшується його щільність і міцність.

Ключові слова: гіпсове в'язке, водопотребность, фізико-хімічний стік вологи, електронно-мікроскопічне дослідження, міцність, електрогомогенний контакт.
