

4. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олиферьева М.А. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство. Изд. 2-е испр., М.: «Едиториал УРСС», 2004. – 272с.

5. ANSYS у задачах стійкості стрижневих систем [Навчальний посібник]/М.М. Сорока – Одеса: ОГАСА, 2017.- 141с.

УДК 691

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ГИПСОВЫХ КОМПОЗИТОВ МЕТОДОМ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Козачук А., зр. ПСК - 362, Левицкий Д., зр. ПСК – 265,

Усатая О., зр. ПСК – 266.

Научный руководитель – к.т.н., и.о. доц. Колесников А.В.

Исследованы возможности реконструкции пространственно-временных свойств процесса структурообразования строительного гипса методом обработки микроскопических изображений. Показано, что гистограмма изображения позволяет определять основные характеристики твердеющего материала – количество новообразований, объем внесенных зерен вяжущего, свободный объем.

Одним из путей развития строительной индустрии на современном этапе является переход к производству и использованию вяжущих веществ, отличающихся высокими экологическими и энергосберегающими характеристиками. Таким требованиям удовлетворяют, в частности, композиты на основе гипса [1,2]. Они наиболее эффективны в технико-экономическом отношении. Однако, этим материалам свойственны также некоторые недостатки, ограничивающие их использование, наиболее существенным из которых является низкая водостойкость. Составление оптимальных гипсовых композиций позволяет усилить положительные качества этих материалов и в значительной степени устранить недостатки. Получение оптимальных гипсовых композиций невозможно без исследования процессов структурообразования гипсового вяжущего как в системе, так и индивидуально.

Образование структуры быстротвердеющих и, в частности, гипсовых, композитов, из пластично-вязкой массы (вяжущего теста) разного состава, содержащего вяжущее – гипс, наполнители и

заполнители, химические добавки различного состава и назначения, может быть исследовано разными физико-химическими методами. Используются, в частности, измерения вязкости, пластической прочности, тангенса угла механических и диэлектрических потерь [3-5].

Метод изучения композитов, примененный в настоящей работе, основывается на микроскопических исследованиях. Основой для получения количественных характеристик процесса структурообразования явилась одна из серий микрофотографий [6], отражающих твердение водогипсовой смеси с водо-вяжущим отношением 1:1, с увеличением 800х.

На первой стадии исследования полученные на фотобумаге микрофотографии были переведены в цифровой снимок и построена гистограмма изображения. Гистограмма характеризует распределение яркостей на снимке, показывая, сколько пикселей изображения приходится на каждый из 256 уровней яркости рисунка. Информация, заключающаяся в гистограмме, отображает соотношение объемов фаз разной оптической плотности исследуемого препарата. Рабочей гипотезой проводимого исследования является предположение о достаточности результатов обработки гистограмм изображения для получения основных количественных характеристик процесса структурообразования.

Фрагменты некоторых микрофотографий схватывающегося гипсового вяжущего приведены ниже (рис. 1).

На них видно, как последовательно происходят следующие процессы: растворяется исходное вяжущее и его частицы уменьшаются в размерах, одновременно на их периферии кристаллизуются продукты топомеханического превращения – прозрачные кристаллы двуводного гипса. Одновременно с процессами кристаллизации на поверхности происходит образование кристаллов в удаленных слоях раствора. Топомеханическая гетерогенная реакция гидратации и сквозьрастворный перенос сосуществуют при рассматриваемом водо-вяжущем отношении.

Один из применяемых методов восстановления количественных характеристик динамического процесса структурообразования основан на аппроксимации полученных гистограмм суммой нескольких (в рассматриваемом случае – трех) величин, характеризующихся гауссовскими распределениями со своими значениями средних и дисперсий. Аппроксимация осуществляется нелинейным методом наименьших квадратов при помощи программы обработки данных Origin 6.1, включающей соответствующую функцию (Peak fitting).

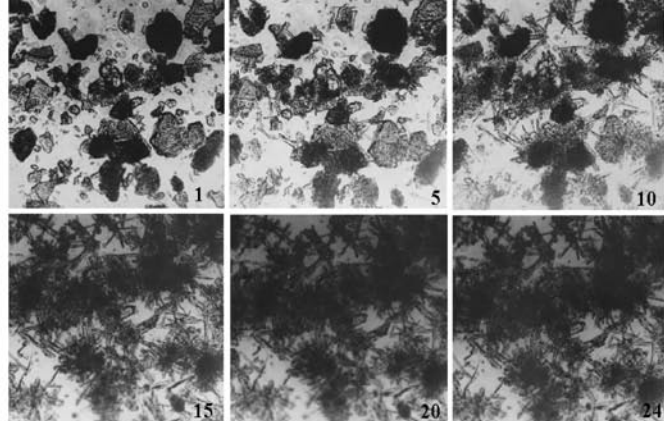


Рис.1. Процессы структурообразования в электронных изображениях. Приведенные номера снимков соответствуют следующим периодам от затворения: 1-3 мин., 5-15 мин., 10-30 мин., 15-45 мин., 20-60 мин., 24-90 мин.

Для каждого снимка строилась гистограмма, примеры которых показаны на рис. 2.

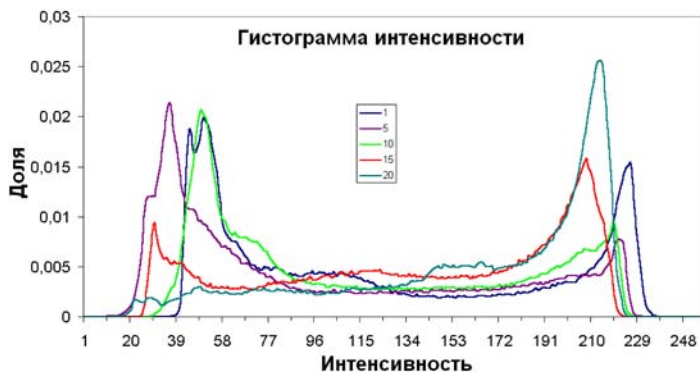


Рис.2. Гистограммы интенсивности для изображений 1,5,10,15, 20

На рисунке 3 показаны примеры такой аппроксимации. Площади под пиками соответствующих гауссовских кривых соответствует доле площади препарата, занятой, соответственно, растворной частью (первый пик слева), кристаллическим новообразованиям средней интенсивности (второй пик), уплотненному материалу (третий пик справа).

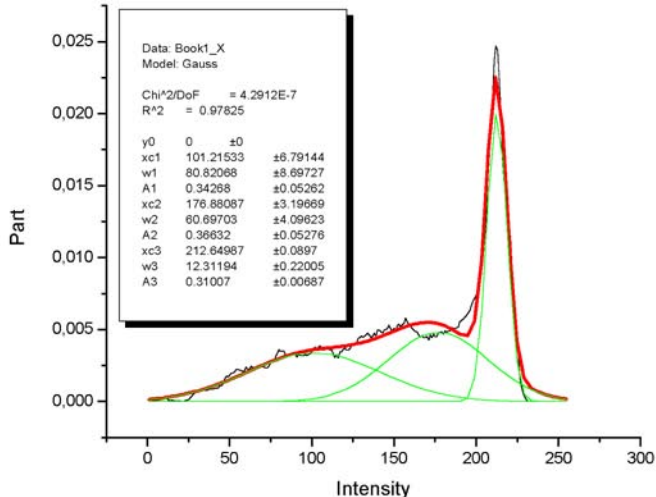


Рис.3. Аппроксимация гистограммы суммой трех гауссовских распределений (пример, снимок 23)

Изменяющаяся в процессе схватывания доля частиц, соответствующих плотной фазе (1, рис.4), кристаллическим новообразованиям (2, рис.4), твердой фазе (3, рис.4), подчиняется следующим качественным закономерностям.

Первый этап приводит к частичному растворению плотной твердой фазы, соответствующей исходным зернам вяжущего. Далее начинается два процесса – рост новообразований со средней интенсивностью окраски, соответствующих кристаллам двуводного гипса. Рост этот происходит как на поверхности оставшихся зерен, так и в свободном объеме. Следующий этап, перекрывающийся с первым – уплотнение новообразований. Снова, часто на месте зерен вяжущего, образуются оптически плотные сростки кристаллов. По этой причине, а также из-за процессов вторичной деструкции, высвобождается часть свободного объема.

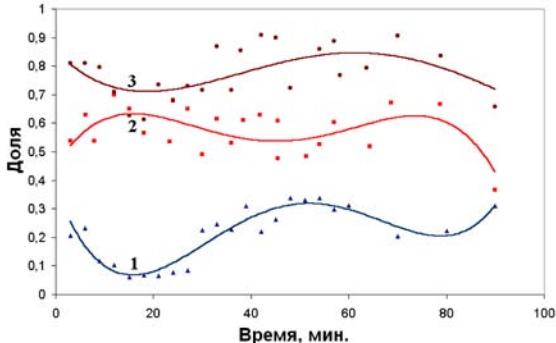


Рис. 4. Динамика структурирования в соответствии со вторым методом. Обозначения в тексте.

Полученная картина еще раз подтверждает наличие даже для простого мономинерального вяжущего нескольких процессов, способных протекать параллельно – гидратацию, кристаллизацию новообразований, уплотнение образовавшихся кристаллов, образование сростков, процессы деструкции. Переход от вяжущих к наполненным композитам, представляющим интерес для строительного материаловедения, предполагает усложнение протекающих процессов. Методы микроскопического исследования, наряду с приемами реконструкции рассмотренного характера, применимы и в случае композитов. В этом случае строительный гипс выступает в роли эффективного пробного материала, пригодного для разработки и проверки методик исследования.

Литература

1. Ратинов В.Б. Гипс / Под общей редакцией В.Б. Ратинова.- М.: Стройиздат, 1981.- 223 с.
2. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия / А.В. Волженский, А.В. Ферронская - М.: Стройиздат, 1974.- 328 с.
3. Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля / Д. Брандон ., У. Каплан / М.: Техносфера, 2004. - 384с.
4. Галузо Г.С. Методы исследования строительных материалов / Г. С. Галузо, В.А. Богдан и др. / Минск, БНТУ, 2008. - 227 с.
5. Круглицкий Н.Н. Основы физико-химической механики, ч. 1. / Н.Н. Круглицкий /Киев, «Вища школа», 1975 – 267 с.
6. Волощенко И. А. Этапы твердения строительного гипса. Отчет о научно-исследовательской работе / И. А. Волощенко, Л. А. Гончарова, В. А. Колесников, М. П. Платонова и др./ Одесский инженерно-строительный институт, Одесса, 1975, 236 с.