**6. Гидратация клинкерных минералов и цемента с добавками пенообразователей.**

Пенобетон является одним из перспективных строи­тельных материалов, сочетающим высокие теплоизоля­ционные свойства с достаточно высокой прочностью и другими строительно-техническими характеристиками.

Пенобетонные смеси обязательно содержат добавку пенообразователя, влияние которого на твердеющее вяжущее изучено недостаточно полно. Это обстоятель­ство предопределяет необходимость постановки насто­ящего исследования процессов взаимодействия различ­ных пенообразователей с клинкерными минералами (C3S, С3А) и цементом.

В экспериментах использовали реактивы С3А и C3S, портландцемент ПЦ500Д0 производства ОАО «Белго­родский цемент». В качестве пенообразователя приме­няли протеиновый пенообразователь FoamTech (ЮАР) и синтетический пенообразователь ТЭАС-МК (ООО «Завод моющих средств», г. Шебекино, Россия). Кон­центрация пенообразователей в пересчете на сухое ве­щество составляла соответственно 44 и 46,8%. Добавки пенообразователя вводили в количествах, приведенных в таблице, пропорционально содержанию C3S и С3А в клинкере, а также содержанию цемента и добавок в пенобетонных смесях [1].

Качественный и количественный рентгенографичес­кий анализ гидратирующихся систем выполняли на диффрактометре ДРОН-3 методом паст [2]. Навеску клинкерного минерала или цемента смешивали с вод­ным раствором добавки при В/Т = 0,5. Приготовленные суспензии в течение всего эксперимента находились в закрытых сосудах при постоянной (20±2°С) температу­ре. Для поддержания суспензии во взвешенном состоя­нии ее систематически перемешивали. Препараты ис­следовали спустя 1 ч после гидратации, а затем в возрас­те 6ч, 1, 3,7 и 28 сут.

Согласно полученным данным добавки ТЭАС-МК и протеина, введенные в систему C3S—Н20, не меняют существенно фазовый состав образующихся соедине­ний и кинетику гидратации C3S. Основной кристалли­ческой фазой в продуктах гидратации C3S является портландит — Са(ОН)2. Са(ОН)2 с межплоскостными расстоя­ниями d = 4,9 А и d = 2,63 А фиксируется в системе C3S—Н20 через 1 сут гидратации. Оба пенообразователя способствуют некоторому ускорению формирования портландита, и уже после 6 ч гидратации в системах с ТЭАС-МК и с FoamTech четко фиксируется характер­ное для Са(ОН)2 d = 4,9 А. Особенностью гидратации C3S как в воде, так и в суспензиях с добавками пенооб­разователей является образование Са(ОН)2, у которого интенсивность d = 4,9 А существенно превышает ин­тенсивность d = 2,63 А, что позволяет предполагать из­менение характера кристаллизации гидратной фазы. На рентгенограммах продуктов гидратации C3S имеются все аналитические линии Са(ОН)2, который характери­зуется d = 4,9 (74); 3,11 (23); 2,63 (100) А (в скобках при­ведена их интенсивность). Изменение интенсивности и ширины отражений Са(ОН)2, образованного при гид­ратации C3S, связывают с формированием твердых растворов [3].



Гидратация С3А.в воде протекает с интенсивным образованием уже в возрасте 1 ч гидратной фазы с d = 8,19 А и 10,8 А. Межплоскостное расстояние d = 10,8 А можно связать с образованием близкого к С2АН8 гид­рата, ad = 8,19A—с образованием гидрокарбоалюмината кальция. Образование указанных фаз на ранних стадиях гидратации в воде приводит к экранированию частиц С3А и изменению соотношения интенсивностей отражений С3А (d = 2,7 и 4,105 А). Последующие процессы гидратации СЗА в воде связаны с преимуще­ственным преобразованием первоначально возник­ших AFm-фаз в гидроалюминат с d = 7,63 А, а также с появлением в системе кубического гидроалюмината кaльцияcd = 5; 16; 4,47; 3,37; 3,15; 2,81 А. Добавки син­тетического и протеинового пенообразователей ока­зывают небольшое замедляющее действие на гидрата­цию С3А. Наблюдаемые за счет введения добавок пе­нообразователей изменения не следует считать сущес­твенными. Они связанны с характером и особенностя­ми кристаллизации AFm-фаз с центральными слоями [Са2А1(0Н)6-2Н20|+ и межслоевым пространством, в которые включений как неорганические анионы и мо­лекулы воды, так и органические анионы, вносимые в систему пенообразователями. Образование в алюминатных системах гексагональных гидратов как фикси­рованного состава, так и твердых растворов перемен­ного состава, особенно с органическими анионами, способствует незначительным смещениям основных межплоскостных расстояний гидратных фаз отно­сительно значений, фиксируемых у синтезируемых индивидуальных гидроалюминатов кальция.

В отличие от гидратации C3S синтетический и протеи­новый пенообразователи вызывают замедление реакции взаимодействия СЭА с водой и меняют скорость образова­ния гексагональных гидратных фаз. Причем большие до­зировки добавок оказывают более существенное влияние на кинетику кристаллизации гидратных новообразований и в меньшей мере влияют на фазовый состав

Как в воде, так и в растворах пенообразователей процесс взаимодействия с водой С3А протекает не пол­ностью, и спустя 28 сут после гидратации в системе ос­тается исходный С3А с d = 2,7 А.

Гидратация в системе С3А—гипс—вода исследована при мольном соотношении С3А:гипс, равном 1:1. Уже после 1 ч взаимодействия ингредиентов в качестве ос­новной гидратной фазы фиксируется эттрингит с d = 9,73 (100); 8,86 (14); 5,61 (80); 4,98 (25); 4,69 (35); 3,88 (50); 3,48 (30); 3,24 (20); 2,77 (40); 2,697 (14); 2,616 (20); 2,564 (45) А. Двуводный гипс быстро связывается в эт­трингит, и в течение 1 сут его количество значительно уменьшается, а в возрасте 3 сут его основное межплос­костное расстояние с d = 7,628 А практически не фик­сируется на рентгенограммах продуктов гидратации. Фаза эттрингита является основным гидратным новоо­бразованием как при гидратации в воде, так и при гид­ратации в присутствии добавок пенообразователей. Во все сроки испытаний в изученной системе как в воде, так и с добавками пенообразователей фиксируется не вступивший во взаимодействие С3А с d = 2,7 А. Сущес­твенного отличия как в кинетике образования, так и в составе возникших гидратных фаз не наблюдается. За 28 сут гидратацию в системе как с водой, так и с добав­ками пенообразователей преобразования эттрингита в моногидросульфоалюминат кальция не наблюдается.

Характер гидратации портландцемента аналогичен установленному при гидратации C3S в воде. Интенсив­ность межгаюскостных расстояний основных клинкер­ных минералов (C3S, C2S, С3А и C4AF) уменьшается. Через 1 сут гидратации, как и в случае с гидратацией C3S, фиксируется портландит, его основное отражение d = 4,9 А также превышает d =2,63 А, как это и наблю­дается при гидратации C3S. Однако присутствие в порт­ландцементе алюминатных, ферритных фаз и гипса за сутки гидратации способствует образованию гидратных AFm и AFt-фаз, характеризующихся основными отра­жениями в диапазоне углов 20 8—11°. Кинетика гидрата­ции портландцемента в воде и с добавками пенообразо­вателей сходна.

Таким образом, результаты исследований гидра­тации клинкерных минералов и портландцемента в во­де и с добавками синтетического пенообразователя ТЭАС-МК, а также протеинового пенообразователя FoamTech показали, что добавки пенообразователей не оказывают существенного влияния как на кинетику процесса гидратации, так и на состав гидратных ново­образований. Следовательно, введение добавок пено­образователей в пенобетонные смеси не повлияет на процессы тепловыделения твердеющего цемента, что позволяет эффективно использовать в технологии пе­нобетона явление «тепловой самообработки».