

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ И ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ ИХ СВОЙСТВАМИ

Мартынов В.И., к.т.н., Мартынова Е.А., Ветох А.М., Бойко Т.В.  
(Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Проведен анализ твердения цементных композиций с применением синергетического подхода и теории систем. Предложено рассматривать затвердевший цементный камень в виде системы, состоящей из отдельных взаимосвязанных структурных элементов, контактирующих через границы раздела. Намечены пути управления процессом структурообразования и свойствами строительных композитов.

Тенденция возникновения интегрирующих научных направлений на стыке уже устоявшихся наук, возникла достаточно давно. Существует множество примеров взаимопроникновения наук на стыках физика-химия, химия-биология, биология-медицина и т.д. Возникающие при этом новые науки имеют характерные названия: химическая физика, биофизика, молекулярная биология, электрохимия, экологическая биофизическая химия. Междисциплинарный подход в современном естествознании всегда имеет место в явном или неявном виде, потому что практически любая серьезная научная проблема - комплексная и требует привлечения специалистов из множества областей [1].

Одной из последних попыток интеграции научного знания является развитие синергетики - науки о процессах самоорганизации, устойчивости и распада структур различной природы, формирующихся в системах, далеких от равновесия [2]. Интегрирующая роль синергетики заключается в признании и использовании того факта, что перечисленные выше процессы признаются общими как для живой, так и неживой природы. Общность заключается в том, что и биологическим, и химическим, и физическим, и другим неравновесным процессам свойственны неравновесные фазовые переходы, отвечающие особым точкам - точкам бифуркации, по достижении которых спонтанно изменяются свойства среды за счет самоорганизации диссипативных структур [3].

Существует еще одна теория междисциплинарного синтеза знания. Это общая теория систем. Основоположником общей теории систем



(ОТС) принято считать Людвига фон Берталанфи [4]. Общая теория систем, по мнению Л. Берталанфи должна способствовать решению задач интеграции научных знаний, на её основе строится новый подход к проблеме единства научного знания, вместо редукционизма выдвигается идея перспективизма, т.е. единства науки на основе изоморфизма законов в различных областях. Таким образом, общая теория систем имеет междисциплинарный характер.

Системы разделяются на классы по различным признакам, и в зависимости от решаемой задачи можно выбрать разные принципы классификации. При этом систему можно охарактеризовать одним или несколькими признаками.

Системы классифицируются следующим образом: по виду отображаемого объекта - технические, биологические и др.; по виду научного направления - математические, физические, химические и т. п.; по виду формализованного аппарата представления системы - детерминированные и стохастические; по сложности структуры и поведения - простые и сложные; по типу целеустремленности - открытые и закрытые; по степени организованности - хорошо организованные, плохо организованные (диффузные), самоорганизующиеся системы.

**Хорошо организованные системы.** Представить анализируемый объект или процесс в виде «хорошо организованной системы» означает определить элементы системы, их взаимосвязь, правила объединения в более крупные компоненты, т. е. определить связи между всеми компонентами и целями системы, с точки зрения которых рассматривается объект или ради достижения которых создается система.

**Плохо организованные системы.** При представлении объекта в виде «плохо организованной или диффузной системы» не ставится задача определить все учитываемые компоненты, их свойства и связи между ними и целями системы. Система характеризуется некоторым набором макропараметров и закономерностями, которые находятся на основе исследования не всего объекта или класса явлений, а на основе определенной с помощью некоторых правил выборки компонентов, характеризующих исследуемый объект или процесс.

**Самоорганизующиеся системы.** Отображение объекта в виде самоорганизующейся системы - это подход, позволяющий исследовать наименее изученные объекты и процессы. Самоорганизующиеся системы обладают признаками диффузных систем: стохастичностью поведения, нестационарностью отдельных параметров и процессов. К этому добавляются такие признаки, как непредсказуемость поведения;



способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды, изменять структуру при взаимодействии системы со средой, сохраняя при этом свойства целостности; способность формировать возможные варианты поведения и выбирать из них наилучший и др. Большинство примеров применения системного анализа основано на представлении объектов в виде самоорганизующихся систем.

На практике различные системы условно делят на целеориентированные, имеющие четкие цели, и ценностноориентированные, которые ориентированы, в первую очередь, на определенные ценности, а не цели [4].

В настоящее время, отсутствует общепринятое и достаточно корректное определение системы - имеются лишь различные ее толкования. Анализ различных определений и толкований показывает, что существуют, по крайней мере, четыре основных признака, которыми должен обладать объект, явление или их отдельные грани (срезы), чтобы их можно было считать системой.

Первая пара признаков - это признаки целостности и членимости объекта.

Второй признак - это наличие более или менее устойчивых связей (отношений) между элементами системы, превосходящих по своей силе (мощности) связи (отношения) этих элементов с элементами, не входящими в данную систему.

Третий признак - это наличие интегративных свойств (качеств), присущих системе в целом, но не присущих ее элементам в отдельности. Интегративные свойства системы обуславливает тот факт, что свойство системы, несмотря на зависимость от свойств элементов, не определяется ими полностью.

Четвертый признак - это организация (организованность) развивающихся систем. Этот признак характеризует наличие в системе определенной организации, что проявляется в снижении степени неопределенности системы или ее энтропии (Э), по сравнению с энтропией системоформирующих факторов, определяющих возможность создания системы.

При использовании системного подхода в начальной стадии исследований из общей массы явлений и процессов выделяют объект исследований, для которого формируется цель исследований.

В работах [5,6] композиционные строительные материалы, представлены в виде сложноорганизованной открытой системы иерархического строения (полиструктурная теория). В рамках этой теории впервые определены структурообразующие факторы для



каждого структурного уровня и получены, количественные зависимости свойств бетонов от этих факторов.

В цементном камне выделены структурные блоки, по форме приближающиеся к шестигранникам в сечении и взаимодействующие через поверхность раздела (рис.1). Эти блоки скомпонованы из структурных блоков меньшего размера, которые, в свою очередь, состоят из блоков более низкого структурного уровня (блоки в блоках). Отношение средних размеров смежных блоков составляет 3-4. Таким образом, непрерывность структуры вяжущих в бетонах достигается сложением дискретных элементов с повышенной плотностью вещества в центре блоков и пониженной в периферийных участках – областях раздела, где вероятность образования микротрещин особенно велика. В соответствии с полиструктурной теорией физическая, термодинамическая и топологическая неоднородность структуры бетонов неизбежна и возникает в процессе твердения вяжущих.



Рис.1. Структура цементного камня

В подобном представлении структурными параметрами являются структурные блоки (элементы) и границы раздела между ними. Изложенное позволяет рассматривать объект исследований (“цементный камень”, “ячеистый бетон” и пр.), с одной стороны, в виде системы, а с другой, отождествить понятия “система” и “структура”. Что, в свою очередь, позволяет увязать физико-механические свойства объекта со структурными характеристиками, а также применить системные закономерности при изучении и объяснении процессов и явлений, сопровождающих его структурообразование и наметить пути управления физико-механическими свойствами. Представление объекта исследований в



виде системы, состоящей из взаимосвязанных в единое целое отдельных структурных элементов, позволяет увязать его свойства с:

1. Размерами структурных элементов;
2. Протяженностью границ раздела, которые также связаны с размерами элементов;
3. Силами сцепления между элементами.

Таким образом, на этой стадии затвердевания, “цементный камень” представляет собой **хорошо организованную систему**.

Однако, прежде, чем организовать в такую систему реализуется причинно-следственная последовательность различных процессов. В соответствии с обобщенной теорией твердения цемента [7] на начальной стадии, после затворения цемента водой начинают осуществляться противоположно направленные процессы диффузии воды внутрь цемента, а продуктов гидратации в раствор. В этот период система находится в виде **плохо организованной или диффузной системы**. В дальнейшем с ростом концентрации гидратных образований система переходит в **самоорганизующуюся систему** с указанными выше признаками. Подобные системы получили также название диссипативных структур [3]. При достижении определенной концентрации (накопления количества) в системе происходят качественные преобразования. По-видимому, в этот период происходит переход системы на иной качественный уровень – из сплошной непрерывной среды образуются дискретные элементы (единство и борьба противоположностей, по типу; “волна-частица”). В этот период система находится в неравновесном, неустойчивом состоянии, характерном для диссипативных структур с наличием точек бифуркаций. Особенностью этих точек является то, что воздействие внешних источников энергии, даже в очень малых количествах, способно приводить к организации спонтанных структур с различными качественными характеристиками.

Принимая во внимание, проведенный анализ, высказана гипотеза, что механизм разрушения композиций на основе минеральных вяжущих закладывается на начальных стадиях организации структур. Или, другими словами, разрушение происходит по границам раздела между структурными элементами наибольшего масштабного уровня.

Все вместе позволило наметить некоторые из путей управления процессом структурообразования и свойствами строительных композитов на основе минеральных вяжущих:

1. Управление размерами структурных элементов, а, следовательно, протяженностью и шириной границ раздела. Чем меньше размер структурных элементов, тем больше протяженность



границ раздела, следовательно необходимо затратить больше энергии на разрушение материала.

2. Второй путь связан с увеличением сил сцепления между структурными элементами. Этот путь требует соответствующих инструментов и методов визуализации и изучения процессов, происходящих на границах раздела.

#### **Литература.**

1. Современные проблемы естествознания на стыках наук.- Уфа, 1998.- Т.1.- С. 5.
2. Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985.- 327 с.
3. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах
4. Берталанфи Л. Общая теория систем: Обзор проблем и результатов // Системные исследования. М., 1969..
5. Соломатов В.И, Выровой В.Н., Дорофеев А.В Сиренко А.В. Композиционные строительные материалы конструкции пониженной материалоемкости. Киев; "Будивельнык", 1991, 144 с.
6. Выровой В.Н., Дорофеев В.С. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. Одесса; Город мастеров, 1998, - 165 с.
7. Волженский А.В., Бурков Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. М., Стройиздат, 1973, 479 с.