

УДК 691.535

ЗАКОН СРОДСТВА СТРУКТУР В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

¹Лесовик В.С., ¹Загороднюк Л.Х., ²Чулкова И.Л.

¹*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, e-mail: naukavs@mail.ru;*

²*Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, Омск*

Предложен закон сродства структур в материаловедении, призванный отражать внутренние существующие связи и образовавшиеся в результате создания направленных структур при целевой разработке новых композитов, должных обеспечить необходимые условия для надёжной функциональной работы материалов, изделий и конструкций. Приведены примеры, подтверждающие практическую значимость предложенного закона сродства структур в материаловедении. Закон сродства структур – это сложная система, состоящая из подсистем или элементов, каждый из которых выполняет свои функции. Элементы в системе не изолированы друг от друга, а сгруппированы так, чтобы обеспечить целесообразность всей системы, какие-либо изменения в отдельно взятом элементе или замена одного элемента на другой приводит обычно к изменению свойств всей системы. Закон сродства структур в строительном материаловедении базируется на основных свойствах и закономерностях, присущих основному базовому и скрепляющему материалу и необходимой совокупности свойств, обеспечивающих гарантированные свойства контактному слою для надёжной и долговечной эксплуатации конструкции.

Ключевые слова: закон сродства структур, материаловедение, композиты, функциональные свойства материалов, нано-, микро-, макроструктура материала

LAW AFFINITY STRUCTURES IN MATERIALS SCIENCE

¹Lesovik V.S., ¹Zagorodnyuk L.H., ²Chulkova I.L.

¹*Belgorodsky State Shukhov Technological University, Belgorod, e-mail: naukavs@mail.ru;*

²*Sibirskaya State Automobile and Highway Academy, Omsk*

Proposed law affinity structures in materials designed to reflect the existing internal communication and the resulting creation of structures aimed at target the development of new composites should provide the necessary conditions for reliable function of materials, components and structures. Examples are given to confirm the practical significance of the proposed law affinity structures in materials science. Law affinity structures – a complex system consisting of subsystems or components, each of which performs its functions. Elements of the system are not isolated from each other, and are grouped so as to ensure appropriateness entire system, any change in a given element or the replacement of one element to another generally results in a change of properties of the entire system. Law affinity structures in building materials based on the basic properties and regularities inherent in the main base and the fastening material and the necessary set of properties that provide guaranteed properties contact layer for the reliability and durability of construction.

Keywords: law of affinity structures, materials, composites, functional properties of materials, nano-, micro-, macro-structure of the material

При строительстве любого здания или сооружения имеет место создание сочлененных элементов конструкций, которые могут быть представлены либо кладкой из различных материалов (природных камней или плит, керамического и силикатного кирпича, различных блоков из керамзитобетона, тяжелого или поробетона и др.), а также использования специальных строительных растворов, приготовленных на различных сырьевых материалах; проведение монтажа крупнопанельных, крупноблочных и монолитных зданий и сооружений, выполнение наружной отделки зданий, создание защитных материалов и покрытий и т.д. При выполнении вышеуказанных работ необходимо создать прочный, надежный промежуточный слой раствора, скрепляющий различные материалы, обеспечивающий защитное покрытие и долговечность конструкции в целом. Особые проблемы возникают при создании растворов на сочленениях нескольких различных материалов,

особенно если конструкция работает в экстремальных условиях.

К настоящему времени имеется ряд положений о формировании прочного надежного долговечного материала, отдельных представлений и путей реализации по созданию современных композитов в соответствии с требуемыми физико-механическими и эксплуатационными свойствами. В данной работе предпринята попытка сформулировать единый подход для решения данной задачи. В связи этим выдвигается гипотеза о необходимом целевом формировании композита с требуемыми свойствами, установлении связей между различными сырьевыми компонентами, слагающими этот композитный материал или контактный слой между различными материалами.

И здесь необходимо использовать «опыт» геологических процессов [7]. Речь идет о генезисе широкой номенклатуры анизотропных горных пород (полосчатых,

сланцеватых и т.п. структур), у которых коэффициент анизотропии может снижаться до 2...3 в отличие от 5...7 и более у слоистых конструкций, создаваемых человеком (рис. 1).

Для создания долговечного контакта между элементами конструкции необходимо создать внутреннюю устойчивую связь,

призванную обеспечить определенные физико-механические и эксплуатационные требования конструкции в целом. Такая контактная зона должна иметь сходство, близость, а точнее сродство по основным свойствам и общности генетического происхождения с матрицей материала.



Рис. 1. Породы полосчатой структуры

Подобное сродство требует создания такой структуры, которая бы обеспечила взаиморасположение и соответствующую связь составных частей и в итоге гарантировала совместную работу этой зоны с элементами двух, а, возможно, и нескольких смежных материалов.

В настоящее время строение структуры строительных материалов изучают на трех уровнях: макроструктура материала – строение материала, видимое невооруженным глазом; микроструктура материала – строение, видимое в оптический микроскоп; наноструктура материала – внутреннее строение веществ, составляющих материал, на молекулярно-ионном уровне, изучаемого современными методами исследований.

Изучением внутреннего строения веществ, составляющих материал, занимались на протяжении нескольких веков и накоплен значительный объем знаний, что изложено выше, и в настоящее время методы физико-химических исследования позволяют постигать все новые и новые знания.

Под структурой, или внутренним строением строительных материалов, как и других физических тел, понимают пространственное расположение частиц разной дисперсности, находящихся в устойчивых взаимных связях (первичных или вторичных) с определенным порядком сцепления их между собой. В понятие структуры входят, кроме того, размер и расположение пор, капилляров, поверхностей раздела, микротрещин и других элементов. В связи с постановкой новых задач перед материаловедами в современных условиях и в связи с созданием новых эффективных мате-

риалов структура материала требует новых взглядов, подходов, особенно при создании тонких слоев материалов, широко востребованных в настоящее время. При рассмотрении таких материалов встает вопрос о структуре поверхностных и внутренних слоев материала, т.к. они работают в совершенно различных условиях. Структура поверхностного слоя искусственных строительных материалов, как правило, отличается от внутренних слоев по ряду причин: атомы и молекулы, расположенные на наружной поверхностной части материала, имеют избыточную энергию по сравнению с частицами, расположенными внутри материала; кроме того, поверхностный слой материала, находясь в реальном контакте с окружающей средой, постоянно испытывает воздействия окружающей среды как в процессе изготовления, так и в процессе эксплуатации. Избыточная энергия поверхностного слоя возникает вследствие того, что каждая частица на поверхности твердого тела и жидкости имеет некомпенсированные химические связи, образующие на поверхности асимметричное силовое поле. Это силовое поле втягивает поверхностные частицы вовнутрь материала, создавая на поверхности напряжение сжатия.

Таким образом, поверхностный слой постоянно находится в упруго-напряженном состоянии, а его частицы обладают значительно большим запасом потенциальной энергии, чем частицы внутреннего слоя. Вследствие этого частицы поверхностного слоя более активно реагируют с окружающей средой, более активно вступают в химические реакции. Величина энергии

поверхностного слоя прямо пропорциональна энергии химической связи данного материала и зависит от параметров окружающей среды. Так, например, поверхностная энергия твердого тела на границе с жидкостью, которая его смачивает, уменьшается на величину, равную силе взаимодействия поверхностных частиц с жидкостью.

Если рассматривать создание контактной зоны двух различных материалов с теоретических позиций накопленных и имеющихся знаний по данному вопросу, то необходимо знать основные свойства каждого материала, их генетические особенности, их макро-, микро- и наноструктуры, требуемые физико-ме-

ханические и эксплуатационные характеристики, назначение и условия службы данной конструкции. И все эти свойства и требования необходимо объединить в одно целое.

Закон сродства структур в строительном материаловедении базируется на основных свойствах и закономерностях, присущих основному базовому и скрепляющему материалу, и необходимой совокупности свойств, обеспечивающих гарантированные свойства контактному слою для надежной и долговечной эксплуатации конструкции. Графическую интерпретацию предлагаемого нами закона можно представить в виде следующей схемы (рис. 2).

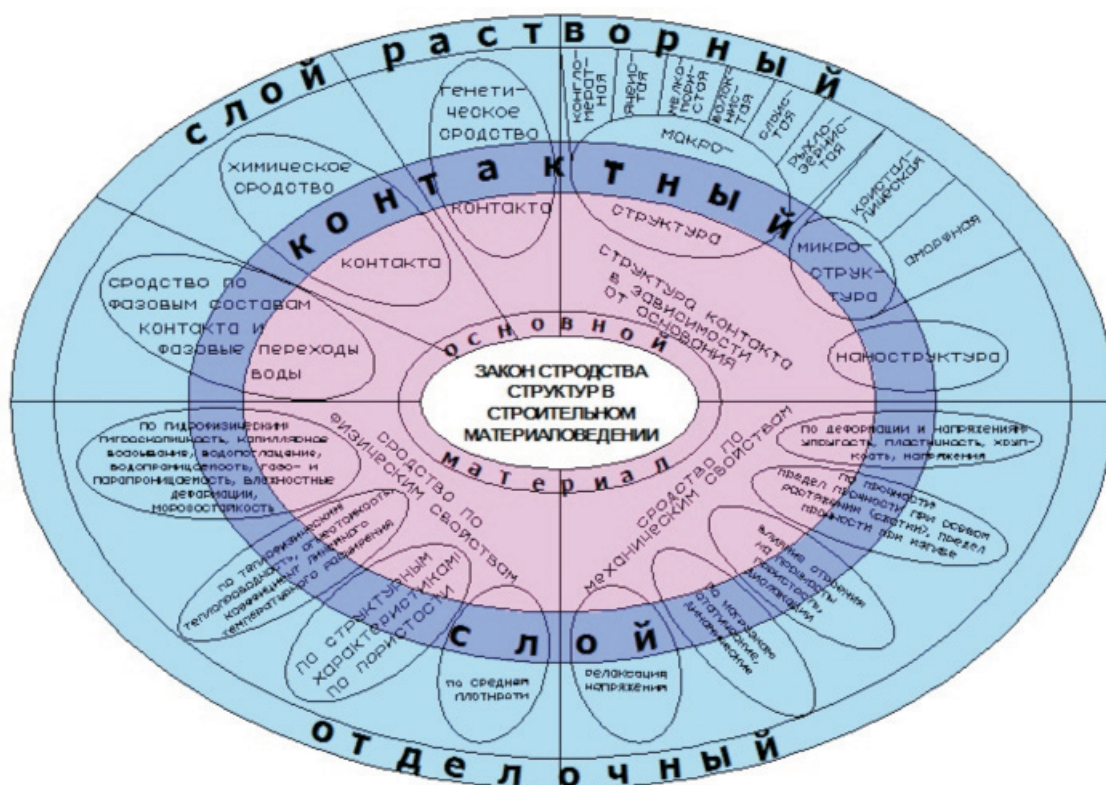


Рис. 2. Схема закона сродства структур в строительном материаловедении

Прежде всего, для создания надежного и прочного контактного слоя между основным и вспомогательным материалами, к примеру, между каким либо стеновым материалом и штукатурным раствором, необходимо учитывать химическое сродство применяемых материалов, их сочетаемость, их предпосылки к созданию надежного контакта, отсутствие антагонистических причин между ними. Выполнение всех этих условий обеспечит гарантированную длительную службу этого контактного слоя и надежность и сохранность конструкции в целом. Следует учитывать, что мы достаточно часто имеем

сложные структуры, которые могут состоять из множества химических элементов, но тем не менее необходимо учитывать их совместимость, несовместимость, а, возможно, и синергетизм.

Существенное влияние на создание контактного слоя оказывают генетические особенности основного и вспомогательного материала, а также и сырьевых компонентов контактного слоя, в связи с этим следует учитывать и подбирать сырье с учетом их генезиса, вследствие чего и реакцию способностью составляющих элементов в системе можно будет регулировать с учетом поставленных задач.

При создании контактного слоя большое значение имеет структура основного (базового) и отделочного материалов, которые в свою очередь имеют свои особенности макро-, микро- и наноструктур. Задачей создания контактного слоя является формирование такой структуры, чтобы она прорастала в эти структуры и создала единый монолитный слой, и сформировавшаяся структура обеспечила устойчивые взаимные связи с определенным порядком сцепления их между собой. В понятие структуры входят размер и расположение пор, капилляров, поверхностей раздела фаз, микротрещин. Как раз эти элементы структуры и играют наиважнейшую роль в создании прочной устойчивой структуры контактного слоя.

Особого внимания заслуживает средство по фазовым составам основного, вспомогательного материала и контактной зоны и фазовым переходам воды, находящейся в их порах, которое оказывает наиболее существенное влияние на все свойства и поведение материала при эксплуатации.

Средство основного (базового) и отделочного слоев и их контактной зоны должно удовлетворять ряду физических свойств, включающих показатели средней плотности, пористости, гидрофизических и теплофизических свойств. Создание рациональной контактной зоны при учете названных свойств обеспечит высокие и надежные эксплуатационные свойства композита.

Создание надежной контактной зоны между основным и отделочным материалами обеспечивает высокое средство по механическим свойствам. При выполнении этих условий могут быть достигнуты требуемые цели, однако следует учитывать, что при создании контактных зон нужно следовать рекомендациям по ведению строительных работ.

Для обеспечения надежной контактной зоны рассматриваемых сочленений по физическим и механическим свойствам необходимо детально по каждому фактору проанализировать и принять оптимальные решения с учетом условий и особенностей их функционирования. Особое внимание следует уделить особенностям средства по фазовым составам контактов и фазовым переходам воды в этих зонах, так как именно этот фактор во многом определяет условия эксплуатации всего конструктивного решения.

Объединив все эти элементы, можно говорить о создании закона средства структур для достижения конкретной задачи. Учитывая, что в современных условиях необходимо разрабатывать и создавать новые эффективные малоэнергоёмкие строительные материалы широкой номенклатуры с требуемыми свойствами, настало время говорить

о необходимости формирования закона средства структур в строительном материаловедении.

Рассуждая о средстве структур, одним из самых ярких и доказательных примеров является средство строительного раствора с основным блочным материалом древнейшего сооружения планеты – египетских пирамид.

На этот счет есть много мнений, гипотез, но очевиден тот факт, что именно средство контактной зоны на границе плит, из которых построены пирамиды, обеспечили долговечность сооружения на десятки веков. Именно эта контактная зона, образованная из дисперсной фазы песчаника, способствовала созданию плотной оболочки для предотвращения многовековых достаточно жестких климатических воздействий на элементы сооружения.

Известно, что всякий закон отражает объективно существующую необходимую связь между какими-то явлениями, устойчивое отношение между явлениями, внутренние существующие взаимосвязи между причинами и следствием какого-то явления или материального объекта. Закон средства структур в строительном материаловедении призван отражать внутренние существующие связи и образовавшиеся в результате создания направленных структур при целевой разработке новых композитов, должных обеспечить необходимые условия для надежной функциональной работы строительных изделий и конструкций и сформулировать этот основополагающий закон можно следующим образом: **«Закон средства структур устанавливает их причинно-следственные связи, взаимодействующие между собой, определяющие свойства общей системы в целом».**

Рассматривая практическую реализацию предлагаемого закона средства структур в строительном материаловедении, можно привести ряд примеров по созданию целевых структур для строительных композитов различного назначения.

Исследованиями, проведенными авторами [2] с учетом принципов закона средства структур, доказана возможность направленного изменения капиллярно-пористой структуры и управления влагопереносом в известковом и цементном камне при совместном применении добавок суперпластификаторов и минеральных наполнителей с определенной гранулометрией, что позволяет проектировать композиты на основе вяжущих веществ для реставрации памятников старины. Данная методика была апробирована при реставрации ансамблей Царицыно и Ростова Великого, архитектурных, исторических и культурных сооружений в Сибири и Болгарии.

Использование закона сродства структур позволило создать новый эффективный теплоизоляционно-конструкционный силикатный материал на основе активных гранулированных заполнителей со стабильно высокими теплоизоляционными свойствами, имеющих повышенную прочность сцепления с кладочными растворами, что особенно актуально в сейсмоопасных регионах, уменьшить теплопроводность, повысить теплоспротивление стен зданий, облегчить массу стеновых конструкций, улучшить адгезию к кладочным растворам [1, 4].

С учетом закона сродства структур созданы эффективные теплоизоляционные растворы на основе сухих строительных смесей, эффективно работающих на различных основаниях: тяжелом и легких бетонах, керамическом и силикатном кирпиче [3]. Получение высокоэффективных строительных материалов нового поколения сегодня сопровождается использованием сложных с химической и минеральной точки зрения составов компонентов с целью получения высококачественных строительных материалов различного функционального назначения с улучшенными, а иногда с принципиально новыми свойствами и определенной заранее заданной структурой. В основу создания таких вяжущих положен принцип целенаправленного управления технологией на всех ее этапах: использование активных компонентов, разработка оптимальных составов, применение химических модификаторов, использование механохимической активации компонентов и некоторых других приемов.

Реализация законов сродства структур предполагает создание системы твердеющего композита, в котором заложены основы реагирования на изменяющиеся условия синтеза и эксплуатации; целенаправленно синтезируются новообразования и создается нано-, микро- и макроструктура, обладающая способностью самозалечивать дефекты, возникающие в определенном диапазоне эксплуатационных нагрузок. Теоретические и практические подходы должны явиться предпосылкой для создания нового класса «интеллектуальных» строительных материалов с эффективными свойствами. Так, при создании и использовании любого строительного материала существуют определенные требования, нарушение которых приводит к снижению прочности, невыполнению эксплуатационных требований, а порой и к разрушению конструкции, а нарушения законов сродства структур приводят к указанным выше последствиям.

Предлагаемые теоретические подходы к созданию закона сродства структур могли бы послужить серьезной научной

базой дальнейшего развития современного строительного материаловедения по созданию малоэнергоемких, экологически безопасных, конкурентоспособных на отечественном и зарубежном рынках, высокоэффективных материалов с улучшенными свойствами и заранее заданной структурой.

Список литературы

1. Лесовик В.С., Мосьпан А.В. Прессованные силикатные изделия на гранулированных заполнителях // Известия КГАСУ. – 2012. – № 3. – С. 144–150.
2. Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Управление структурообразованием строительных композитов: монография. – Омск: СибАДИ, 2011. – 462 с.
3. Получение композиционных вяжущих в различных полевых агрегатах / А.В. Шкарин, Л.Х. Загороднюк, А.Ю. Щечкина // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 4. – С. 53–57.
4. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства / В.С. Лесовик, А.В. Мосьпан, Ю.А. Беленцов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 4. – С. 62–65.
5. Чулкова И.Л. Структурообразование строительных композитов на основе принципа сродства структур // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 6. – С. 83–88.
6. Чулкова И.Л. Регулирование структур строительных композитов на основе принципа сродства структур / Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России: материалы 66 Междунар. научн.-практ. конф. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2012. Ч. 1. – С. 195–200.
7. Lesovik V.S. Geonics. Subject and objectives. – Belgorod: BSTU, 2012. – 100 с.

References

1. Woodsman V.S. Mos'pan A.V. Pressed on silicate products granular aggregates // News KGASU. 2012. no. 3. pp. 144–150.
2. Woodsman V.S., Chulkova I.L. Management structure formation construction composites: monograph. Omsk SibADI 2011. 462 p.
3. Preparation of composite binders in different grinding units / A.V. Shkarin, L.H. Zagorodnik, A.Y. Shchekina // Herald BSTU. Shukhov. 2012. no. 4. pp. 53–57.
4. Silicate products on granular aggregates for Earthquake Engineering / V.S. Woodsman, A.V. Mos'pan, Y. Belentsov // Herald BSTU. V.G. Shukhov. 2012. no. 4. pp. 62–65.
5. Chulkova I.L. Gelation construction composites based on the principle of affinity structures // Herald SibADI. 2012. no. 6. pp. 83–88.
6. Chulkova I.L. Regulation structures construction composites based on the principle of affinity structures / oriented basic and applied research – the basis of modernization and innovative development of architectural and construction and road-transport complexes in Russia: Materials 66 Intern. nauchn. Conf. conf., Omsk Univ SibADI 2012. Part 1. pp. 195–200.
7. Lesovik V.S. Geonics. Subject and objectives. Belgorod: BSTU, 2012. 100 p.

Рецензенты:

Череватова А.В., д.т.н., профессор кафедры СМИиК, БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород;

Хархардин А.Н., д.т.н., профессор кафедры СМИиК, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 07.02.2014.