

УДК 669-419.8:539.378.2:669.715-416:669.781-426
DOI: 10.12727/17788

И.В. Кочешков, к.т.н.
(МГТУ имени Н.Э. Баумана, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1)
E-mail: kiv5104@yandex.ru

Анализ понятия и принципов создания композиционных материалов

Несмотря на большие успехи в области композиционного материаловедения, до сих пор нет такого определения композиционным материалам, которое раскрывает их сущность и показывает, чем они отличаются от всех остальных материалов. Целью данной работы является уточнение понятия «композиционный материал» и принципов их формирования, позволяющих реализовывать требуемые свойства.

Ключевые слова: композиционный, композитный материалы; композит; композиция материалов; биметалл; дисперсно-упрочненные, волокнистые, слоистые композиты; матричные и каркасные структуры.

I.V. Kocheshkov, c.en.s.
(Bauman Moscow State University, 5/1, 2-ya Baumanskaya Street, Moscow, 105005)

Analysis of definition and principles of composite materials development

Despite of the great success in composite material science, there is still no definition to the composite materials, which could show their essence and difference from all other materials. The purpose of this research is to clarify “composite material” definition and principles of their formation, which allow to obtain the required properties.

Keywords: composition, composite materials; composite; materials composition, bimetal; age-hardened, fibrous, layered composites; matrix and frame structures.

Композиционные материалы широко представлены в окружающей нас природе, а первые образцы этих материалов, созданные человеком, появились еще в дохристианские времена (например, саманный кирпич). В материаловедении термин «композиционный материал» введен более полувека тому назад, когда стало ясно, что использование композиционных материалов позволяет создавать принципиально новые образцы техники, а возможности традиционных подходов создания новых материалов в значительной степени исчерпаны. Однако, несмотря на большие успехи в области композиционного материаловедения, до сих пор нет такого определения композиционным материалам, которое раскрывает их сущность и показывает, чем они

отличаются от всех остальных материалов.

Несмотря на многообразие существующих определений композиционного материала, чаще всего они включают следующие положения:

- Композиция должна представлять собой сочетание хотя бы двух разнородных материалов с четкой границей раздела между ними.
- Компоненты композиции образуют ее своим объемным сочетанием.
- Композиция должна обладать уникальными свойствами, которых нет ни у одного из ее компонентов в отдельности.

Примером типичного определения композиционного материала может служить следующее определение [1]: «**Композиционные**

материалы м. мн. – представляют собой объемное сочетание хотя бы двух химических разнородных материалов с четкой границей раздела между этими компонентами (фазами) и характеризуются свойствами, которых не имеет никакой из компонентов в отдельности». Под это и другие аналогичные определения подходят практически все материалы с гетерогенной структурой, которых великое множество, но, не все из которых принято относить к композиционным материалам. Поэтому для уточнения понятия композиционного материала в технической литературе предлагается довольно большое количество дополнительных признаков. Рассмотрим наиболее часто используемые формулировки этих признаков и проведем их краткий анализ.

В [2] уточняется, что применительно к композиционным материалам:

- «Компоненты не должны растворяться или иным способом поглощать друг друга». (Этот признак обязательно должен соблюдаться при хранении и эксплуатации (но не при получении) композиционного материала, и уже фактически заложен в существующих определениях композиционных материалов, так как сохранение «четкой границы раздела между компонентами» возможно только при отсутствии поглощения компонентами друг друга).
- «Компоненты должны быть совместимы». (Это скорее не признак, а необходимое условие получения композиционного материала, так как при несовместимости компонентов невозможно сформировать композиционный материал с уникальными свойствами).
- «Свойства композиционных материалов нельзя определить только по свойствам компонентов, без учета их взаимодействия». (Этот признак еще раз подтверждает, что «композиционные материалы характеризуются свойствами, которых не имеет никакой из компонентов в отдельности», и называет источником достижения уникальных свойств «взаимодействие компонентов композита». Обоснованность такого утверждения подтверждается во многих работах, например, в [3, 4, 7], и этот признак композиционных материалов должен присутствовать в их определении).

В работах [5, 6] отмечается, что композиционные материалы должны обладать следующим рядом дополнительных признаков:

- «Состав, форма и распределение компонентов материала запроектированы». (Этот признак нельзя рассматривать в качестве

отличительной черты композиционного материала, так как это верно и для многих не композиционных материалов, например, для большинства сплавов).

- «Материал не встречается в природе, а создан человеком». (Данная формулировка отличительного признака требует дополнительного анализа для ее уточнения. Большинство специалистов признают существование композиционных материалов, как техногенного, так и природного происхождения. Большая часть композитов техногенного происхождения получается путем искусственного введения (перемешивания) компонентов. Поэтому для этой многочисленной группы композиционных материалов в качестве отличительного признака можно использовать наличие «искусственных» методов их формирования. Однако нельзя исключать из композиционных материалов те композиты, которые сформированы при использовании естественных, термодинамически выгодных процессов, протекающих в природе или под управлением человека. Например, древесину или естественные волокнистые композиционные материалы, полученные направленной кристаллизацией сплавов эвтектического состава, большинство специалистов также относят к композитам. Следовательно, искусственный характер создания композиционных материалов является отличительным признаком для большого количества композиционных материалов, но не для всех существующих видов).

- «Свойства материала определяются каждым из его компонентов, которые в связи с этим должны присутствовать в достаточно больших количествах (больше некоторого критического содержания)». (Это является частным случаем, рассмотренного ранее утверждения, что «свойства композиционного материала нельзя определить только по свойствам компонентов, без учета их взаимодействия». Результаты взаимодействия компонентов, зависят от их количественного соотношения. Поэтому существуют некие «критические» количества компонентов, достижение или превышение которых позволяет достигать требуемых свойств. Имеются так же «критические» количества компонентов, при превышении которых требуемые свойства не достигаются).

- «Материал неоднороден в микромасштабе и однороден в макромасштабе». (С одной стороны, в [5, 6] отмечается, что этот признак не позволяет отнести к композитам би-

металлы и другие аналогичные им материалы, которые многие специалисты классифицируют как композиционные материалы. С другой стороны, большинство сплавов, которые не принято относить к композиционным материалам, неоднородны в микромасштабе и однородны в макромасштабе. Поэтому возможность применения данного признака в качестве отличительной характеристики композиционных материалов требует дальнейшего анализа и уточнения).

Рассмотрение представленных выше признаков композиционных материалов говорит о том, что большинство из них требует дополнительного анализа для их обоснованного применения. Поэтому целью данной работы является уточнение понятия «композиционный материал» и условий, позволяющих получать композиционные материалы с уникальными свойствами. Это должно способствовать совершенствованию существующих и созданию новых видов композиционных материалов с требуемыми свойствами.

Причины начала бурного развития композиционных материалов в середине двадцатого века можно объяснить следующими обстоятельствами. В истории техники всегда существовало два важных направления развития. Первое направление – это развитие инструментов, конструкций, механизмов и машин. Второе – развитие материалов. Каждое из этих направлений развития имеет свою специфику, и поэтому они всегда существовали достаточно обособленно, хотя и взаимозависимо. В основе первого направления лежит конструирование разнообразных деталей, конструкций, машин и механизмов на базе существующих материалов. Задачей второго направления является создание материалов с такими характеристиками, которые бы позволили обеспечить разработку качественно новых образцов техники.

Традиционно это направление основывалось на создании однородных или квазиоднородных сред, в качестве структурных элементов которых выступали известные химические элементы и/или их соединения. Однако разработка новых материалов при использовании традиционных подходов к середине двадцатого века в значительной мере себя исчерпало. Новые материалы стали появляться все реже, а требуемые от них характеристики улучшались, как правило, не так значительно. Это замедляло развитие техники. Для изменения сложившейся ситуации требовались новые подходы создания материалов.

В то же время, еще с древних времен существовала определенная практика, и имелись примеры, наблюдаемые в окружающей природе, когда новые, уникальные свойства достигались не в результате использования традиционных подходов создания новых материалов, а путем составления, связывания, объединения в единое целое объектов (частиц, волокон, обособленных слоев и т.д.), состоящих из уже известных материалов. Именно этот подход начал активно развиваться к середине двадцатого века при разработке новых материалов. Для их выделения в самостоятельный класс был введен термин «композиционный материал», в основе которого находится слово «композиция» (от лат. *compositio* – составление, связывание). Композиционные материалы фактически конструируются из существующих материалов, которые связываются в единое целое с целью достижения новых, уникальных свойств. Это сближает понятие композиционного материала с понятием «конструкция» (от лат. *constructio* – составление, построение) и, в ряде случаев, затрудняет идентификацию композиционных материалов.

С точки зрения принципов, позволяющих реализовать новые, уникальные свойства, существуют два разных подхода к формированию композиции из существующих материалов. Первый подход основан на объединении в единое целое относительно небольшого количества разнородных материалов, которые сосредоточены в строго определенных объемах получаемой композиции. Характерной чертой таких композиций является их неоднородность в макрообъеме, что не характерно для «традиционных» материалов, но соответствует идеологии создания композиционных материалов. Вопрос, можно ли такие композиции относить к материалам композиционного строения, а не к каким-то своеобразным конструкциям, до сих пор остается открытым.

Второй подход предполагает формирование композиций, в которых многочисленные микрообъемы компонентов, определенной формы и размеров, заданным образом распределены по всему объему материала. Такие композиции являются неоднородными в микромасштабе и однородными в макромасштабе, что характерно и для большого количества существующих материалов, которые не принято относить к композиционным материалам. Поэтому, как отмечалось выше, отличительные черты композиционных материалов подобного строения, требуют дополнительного уточнения.

Таким образом, можно говорить о возможности получения двух принципиально разных типов композиций из разных материалов, основанных на использовании первого или второго подхода при их формировании. Ответ на вопросы: можно ли оба типа композиций отнести к композиционным материалам, в чем заключаются их отличительные особенности и в результате чего достигаются уникальные свойства, возможен при анализе конкретных примеров этих композиций.

Как уже отмечалось, основной структурной особенностью композиций разнородных материалов первого типа является их неоднородность в макромасштабе. Именно на этой особенности структуры основаны принципы достижения уникальных свойств и эффективного использования этих композиций в технике. На практике достаточно часто к разным объемам материала функционирующего изделия (детали, природного объекта) предъявляются разные, в том числе и взаимоисключающие, требования.

Для изготовления подобных изделий целесообразно использовать соответствующую композицию из тех материалов, которые лучше всего отвечают этим отдельным требованиям. При этом каждый из материалов, входящих в композицию, должен находиться в той части изделия, в которой наиболее полно реализуются имеющиеся у него свойства. Из сформированных по такому принципу композиций разнородных материалов можно получать разные детали или изделия, которые работают более эффективно, чем аналогичные детали или изделия, изготовленные из материала, обладающего усредненными свойствами по всему их объему. Примером подобных техногенных композиций может служить строение биметаллов, древних монгольских луков, современных лыж и многого прочего, а примером таких природных композиций – строение ствола дерева, костей или зубов животных и так далее.

Наиболее простой композицией материалов первого типа являются биметаллы. Для их получения в единую композицию объединяют два разнородных металла, которые прочно соединены между собой по поверхности раздела (рис. 1). Например, коррозионно-стойкая и углеродистая сталь, «твердая» и «мягкая» сталь, металлы с большим и малым коэффициентом термического расширения, алюминиевый сплав и сталь или титан, и еще очень большое количество композиций, имеющих практическое применение в технике.

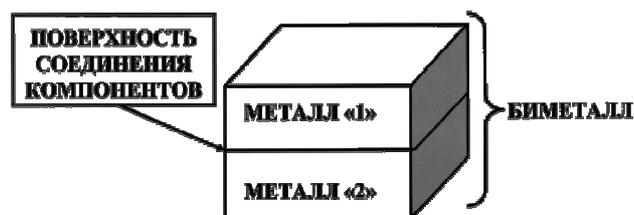


Рис. 1. Схематичное строение биметалла

Использование биметаллов позволяет реализовать одно из важных преимуществ композиционных материалов, а именно: возможность сочетания в создаваемой композиции служебных характеристик качественно разных материалов. Например:

- применение биметалла из коррозионно-стойкой и углеродистой стали ведет не только к снижению расхода дефицитных металлов, но и к улучшению эксплуатационных характеристик. Коррозионно-стойкая сталь, контактирующая с агрессивной средой, обеспечивает коррозионную стойкость композиции, а углеродистая сталь делает более высокой ее теплопроводность (по сравнению с коррозионно-стойкой сталью);
- использование биметалла из твердой стали в сочетании с более мягкой позволяет не только обеспечить высокую износостойкость данной композиции, но и придает ей новое эксплуатационное свойство – самозатачивание. Последнее связано с тем, что мягкий слой композиции в процессе эксплуатации изнашивается быстрее твердого, который выступает в виде острой кромки, и т.д. Подобных примеров уникальных свойств биметаллов в технике, сегодня существует множество.
- на тех же принципах, что и получение биметаллов, основано формирование большого количества композиций материалов, объединенных в единое целое и обладающих уникальными свойствами. В качестве примера можно привести материал древних монгольских луков, состоящий из последовательных слоев роговых пластин, древесины и сухожилий, что позволяет улучшить эксплуатационные характеристики (жесткость и упругость). Более сложной и многофункциональной (улучшенные показатели скольжения, прочности, жесткости, вибростойкости и т.д.) композицией является материал горных лыж, в состав которого помимо древесины могут входить высокомолекулярный полиэтилен, металл, стекло, углепластик и так далее.

Рассмотренные композиции разнородных материалов первого типа удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к ком-

позиционным материалам. То есть «являются композицией двух и более материалов с четкой границей раздела между ними, образуют ее объемным сочетанием и полученная композиция обладает уникальными свойствами, которые отсутствуют у ее компонентов по отдельности».

Однако эти композиции можно рассматривать и как сварные, паянные, клеенные заготовки, предназначенные для последующего получения из них определенной номенклатуры изделий (например, биметаллы) или как своеобразные конструкции, полученные сваркой, пайкой или склеиванием деталей из разнородных материалов. Так что же преобладает в подобном материале-конструкции конструктивное или материаловедческое начало? С одной стороны при создании композиции материалов первого типа присутствует чисто конструктивный подход, который заключается в том, что материалам с требуемыми характеристиками задается месторасположение в определенных объемах изделия. То есть, идет процесс «построения» изделия. Это характерно, как отмечалось выше, для понятия «конструкция».

С другой стороны, основная цель, которая должна быть достигнута при создании такой композиции, заключается в том, чтобы эта композиция обеспечила новые, более высокие или уникальные, свойства, которые отсутствуют у существующих материалов. Большое значение для достижения поставленной цели имеет формирование поверхности раздела компонентов с требуемой структурой и прочностными характеристиками.

Поверхность раздела «связывает» используемые компоненты в единое целое и делает «выстроенное» сочетание компонентов единой композицией. Именно состояние поверхностей раздела способствует достижению требуемых свойств композиций. Поэтому формирование поверхности раздела компонентов с требуемой структурой и прочностными характеристиками является важной технологической задачей.

Близость технологических вопросов, решаемых при создании композиций первого и второго типа, с точки зрения достижения требуемых свойств поверхности раздела компонентов, привело к тому, что этим занимается один и тот же круг специалистов. В результате, в настоящее время, преобладает практика применения к обоим типам композиций термина «композиционный материал». Таким образом, большинство специалистов выражает

мнение, что композиции первого типа должны быть отнесены к композиционным материалам, а не к конструкциям.

При этом имеющиеся принципиальные отличия в композициях первого и второго типа, не позволяют сформулировать для них единое определение и единые принципы достижения уникальных свойств. Например, для композиций первого типа, с учетом их структурных особенностей и принципов достижения уникальных свойств, можно дать следующее определение: «композиционные материалы первого типа - это неоднородные в макромасштабе композиции из разнородных материалов, сосредоточенных в строго определенных объемах получаемого изделия. Уникальные свойства композиционного материала первого типа достигаются за счет создания такой композиции, которая в соответствии с условиями функционирования материала в изделии позволяет наиболее эффективно использовать характеристики входящих в нее компонентов».

Принципиальное отличие композиций материалов второго типа заключается в том, что компоненты в них распределены по всему объему материала. Такие материалы можно считать «неоднородными в микромасштабе, но однородными в макромасштабе» [5, 6]. Уже отмечалось, что аналогичной структурой обладают и большинство применяемых в технике материалов. Например, почти все металлические сплавы содержат несколько компонентов в виде отдельных фаз, которые создаются намеренно для придания материалу нужных эксплуатационных или технологических свойств, отсутствующих у этих компонентов (фаз) по отдельности. Поэтому для идентификации композиционных материалов второго типа необходимо сформулировать присущие именно им отличительные признаки, позволяющие достигать тех уникальных свойств, которые отсутствуют у «некомпозиционных» материалов. С этой целью рассмотрим основные типы композиций материалов второго типа и причины, способствующие достижению ими уникальных свойств.

По типу структуры композиции второго типа делятся на три группы: матричные, слоистые и каркасные. Основной особенностью матричных композиций является то, что в них присутствует одна непрерывная фаза (компонент), в которой по всему объему расположены включения одной или нескольких других фаз, например, в виде частиц (дисперсно-упрочненные композиционные материалы),

волокон (волокнистые композиционные материалы), колец, пластин и так далее (метаматериалы). Рассмотрим характерные отличительные признаки и принципы достижения уникальных свойств матричных композиций второго типа.

Одна из отличительных особенностей композиционных и «традиционных» материалов проявляется при сравнении дисперсионно-твердеющих сплавов и дисперсно-упрочненных композиционных материалов. Оба эти материала имеют схожую структуру и предназначены для обеспечения повышенной жаропрочности. Повышенная жаропрочность достигается за счет наличия в этих материалах равномерно распределенных дисперсных частиц.

Разница заключается в том, что в дисперсионно-твердеющих сплавах эти частицы формируются в результате их выделения из пересыщенного твердого раствора и, следовательно, могут существовать до определенных температур, а в дисперсно-упрочненных композиционных материалах наполняющие частицы вводятся искусственно и подбираются таким образом, чтобы они сохраняли свою целостность вплоть до температуры плавления матричного материала. Поэтому дисперсно-упрочненные композиты обеспечивают жаропрочные свойства при более высоких температурах, чем дисперсионно-твердеющие сплавы.

Принципиальное отличие дисперсно-упрочненных композиционных материалов от дисперсионно-твердеющих сплавов заключается в том, что они являются искусственной, термодинамически неравновесной системой. Это можно считать характерным отличительным признаком этого вида композиционного материала.

Другим видом матричных композиций являются волокнистые композиты. Существует три принципиально разных способа получения волокнистых композитов. Первый способ заключается в «искусственном» введении волокон в матричный материал. Например, введение стеклянных волокон в полимерную матрицу (рис. 2, а). В настоящее время имеется большое количество разных волокон и матричных материалов, которые используются для получения «искусственных» волокнистых композиционных материалов. Для этих волокнистых композиционных материалов, также как и для дисперсно-упрочненных композитов, отличительным признаком можно считать то, что они являются искусственной, термодинамически неравновесной системой.

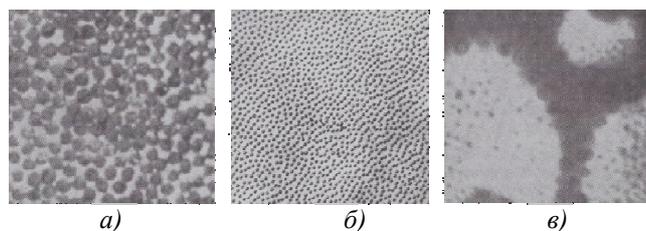


Рис. 2. Примеры строения поперечного сечения волокнистых композиционных материалов, полученных искусственным введением волокна (а), направленной кристаллизацией сплава эвтектического состава (б) и образованных в результате протекания природных процессов (в): а – стеклянные волокна, введенные в полимерную матрицу; б – сплав эвтектического состава, одна фаза которого закристаллизована в форме волокон, а другая в форме матричного материала; в – строение механических клеток древесины или бамбука с целлюлозными волокнами, расположенными в матричном материале из лигнина

Второй способ получения композитов волокнистого строения основан на направленной кристаллизации сплавов эвтектического состава (рис. 2, б). В этом случае один из компонентов композита кристаллизуется в виде волокон, а второй – образует матричный материал. Эти материалы во всей технической литературе классифицируются как «естественные волокнистые композиционные материалы». Однако для этих композиционных материалов в качестве отличительного признака нельзя использовать наличие «искусственной, термодинамически неравновесной системы».

Кроме этого, материалы волокнистого строения большого распространения получили в природе. В качестве примера можно привести строение клеток древесины или бамбука, которые обеспечивают ее высокие механические свойства (рис. 2, в). Эти клетки состоят из матричного материала, лигнина, в котором расположены целлюлозные волокна. Для этих природных волокнистых композиционных материалов, так же как и для естественных волокнистых композиционных материалов, в качестве отличительного признака нельзя использовать наличие «искусственной, термодинамически неравновесной системы». Что же объединяет все три рассмотренных вида волокнистых композиционных материала и может быть использовано в качестве их отличительного признака?

Как видно на рис. 2 все виды волокнистых композиционных материалов имеют очень

схожую структуру, которая, при определенных условиях, позволяет достигать высоких эксплуатационных характеристик материала. В основе достижения высоких эксплуатационных характеристик волокнистого композиционного материала лежит единый механизм реализации механических свойств, основанный на особом виде структурных элементов этого материала и их взаимодействии в процессе приложения механической нагрузки [3, 4]. Поэтому наличие в волокнистых композиционных материалах (как техногенного, так и природного происхождения) особых структурных элементов и специфических механизмов их взаимодействия при обеспечении уникальных свойств может использоваться в качестве отличительного признака при их классификации в качестве композиционных материалов.

Особые виды структурных элементов материала и особые механизмы реализации свойств присущи не только волокнистым композиционным материалам, но и другим композитам, например метаматериалам [7]. В качестве структурных элементов метаматериалов выступают металлические волокна, полосы, спирали, разорванные кольца, которые располагаются в матричном материале из диэлектрика.

Искусственно сформированные и определенным образом структурированные среды в результате реализации особых механизмов взаимодействия этих структурных элементов обладают электромагнитными свойствами, которые сложно достижимы технологически либо не встречаются в природе. Это подтверждает тезис, выдвинутый при рассмотрении волокнистых композиционных материалов, который заключается в том, что наличие в материале особых структурных элементов и специфических механизмов их взаимодействия при обеспечении уникальных свойств может служить в качестве отличительного признака для классификации таких материалов в качестве композиционных.

В отличие от матричных структур, слоистые композиции второго типа представляют собой многократное чередование слоев входящих в нее компонентов. Многослойные композиции из материалов разной или близкой природы отличаются от композиционных материалов первого типа, например, биметаллов, не только тем, что имеют более двух слоев входящих в них компонентов. Основное отличие заключается в том, что характеристики компонентов композиции усредняются по

объему, а уникальные свойства достигаются не только за счет свойств компонентов, но и за счет «особых механизмов взаимодействия» отдельных слоев слоистого композита. В качестве примера многослойных композиций можно привести композиции из титановых сплавов [8] и высокопрочные, трещиностойкие, легкие, слоистые алюмокомпозиты класса СИАЛ [9].

В большинстве случаев, трещина, появившаяся в монолитном материале, может беспрепятственно развиваться и прорасти на всю толщину, приводя к его преждевременному разрушению. Распространение трещин в многослойных композициях имеет другой характер, который обусловлен наличием особых структурных элементов, разделенных поверхностями раздела, и своеобразными механизмами их взаимодействия между собой [3]. В результате композиция, состоящая из четырех слоев титанового сплава ВТ23 (средней прочности) и пяти слоев сплава ОТ4 (низкой прочности), обладает более высоким комплексом свойств, чем монолитный лист из сплава ВТ23 такой же толщины. А именно: более высокой ударной прочностью, прочностью при осевом и двухосном растяжении, повышенной трещиностойкостью и улучшенной технологической пластичностью [8].

Повышение прочностных характеристик достигается не только в металлических многослойных материалах, но также в неметаллических и гибридных (металл – неметалл) слоистых композициях. Примером может служить гибридный слоистый материал класса СИАЛ на основе тонких чередующихся слоев из алюминиевых конструкционных сплавов и стеклопластика. Важнейшими преимуществами слоистых композитов типа СИАЛ перед монолитными алюминиевыми листами, также как и в случае многослойных титановых композиций, являются повышенная механическая прочность, высокая трещиностойкость и высокое сопротивление росту усталостной трещины [9]. Кроме того, СИАЛы характеризуются пониженной плотностью, по сравнению с алюминиевыми сплавами.

На основе рассмотренных примеров можно сделать вывод о том, что, также как в случае волокнистых композиционных материалов и метаматериалов, наличие в многослойных композициях особых структурных элементов и специфических механизмов их взаимодействия при обеспечении уникальных свойств может служить в качестве отличительного признака для их классификации в качестве

композиционных материалов.

Последним видом структуры композиций второго типа является каркасная структура. Примером каркасной структуры может являться пористый материал со сквозными порами, которые для обеспечения требуемых свойств (антифрикционных, фрикционных и т.д.) заполнены другим материалом (компонентом). Подобные типы структур, также как в случае дисперсно-упрочненных композитов, техногенных матричных и слоистых композиций, представляют собой искусственные, термодинамически неравновесные системы, которые позволяют реализовывать широкий спектр уникальных свойств.

Проведенный анализ композиций материалов второго типа показывает, что их отличительными признаками является, во-первых, наличие искусственной, термодинамически неравновесной структуры, сформированной в результате техногенных методов получения композита, и, во-вторых, реализация своеобразных механизмов взаимодействия компонентов композита, позволяющих достигать новых уникальных свойств.

Подводя итог можно дать следующее определение композиционных материалов. **Композиционные материалы** м. мн. – представляют собой объемное сочетание хотя бы двух компонентов (фаз) с четкой границей раздела между ними и характеризуются свойствами, которых не имеет ни один из компонентов в отдельности. Композиционные материалы по особенностям структуры и принципам достижения уникальных свойств разделяются на два типа:

- **композиционные материалы первого типа** – это неоднородные в макромасштабе композиции из разнородных материалов, сосредоточенных в строго определенных объемах получаемого изделия. Уникальные свойства композиционного материала первого типа достигаются за счет создания такой композиции, которая в соответствии с условиями функционирования материала в изделии позволяет наиболее эффективно использовать характеристики входящих в нее компонентов;
- **композиционные материалы второго типа** – это композиции неоднородные в микромасштабе и однородные в макромасштабе из материалов разной или близкой природы. Уникальные свойства такого композиционного материала достигаются за счет создания искусственных, термодинамически неравновесных структур и/или за счет своеобразных

механизмов взаимодействия компонентов композита.

Возможен и другой подход к формулированию определения двух разных типов композиционных материалов. В настоящее время для обозначения композиционных материалов, как первого, так и второго типа, используются два разных словосочетания: «композиционный материал или композиция материалов» и «композитный материал или композит», между которыми не делается никакого различия. Можно предложить специалистам, работающим в области композиционного материаловедения, использовать для обозначения композиционных материалов первого типа первое словосочетание, а для композиционных материалов второго типа – второе. Это соответствует и специфике рассмотренных типов композиций. Тогда определения материалов, основанных на формировании композиций первого и второго типа, примут следующий вид:

Композиционные материалы м. мн. – это неоднородные в макромасштабе композиции, состоящие хотя бы из двух разнородных материалов, сосредоточенных в строго определенных объемах получаемого изделия и имеющих четкую границу раздела между собой. Уникальные свойства композиционных материалов достигаются за счет создания такой композиции, которая в соответствии с условиями функционирования материала в изделии позволяет наиболее эффективно использовать характеристики входящих в нее компонентов.

Композитные материалы (композиты) м. мн. – это неоднородные в микромасштабе и однородные в макромасштабе композиции, состоящие из компонентов разной или близкой природы относительно равномерно распределенных по всему объему композиции и имеющих четкую границу раздела между собой. Уникальные свойства такого композитного материала достигаются в результате создания искусственных, термодинамически неравновесных структур и/или своеобразных механизмов взаимодействия компонентов композита.

Заключение

1. Главной отличительной особенностью композиционных и/или композитных материалов является то, что их получение основано на составлении, связывании, объединении в единую композицию объектов (частиц, волокон, обособленных слоев, пластин, колец,

спиралей и т.д.), состоящих из уже известных материалов. Это существенно отличается от «традиционных» подходов создания материалов и позволяет реализовывать новые, уникальные свойства, которых нет у материала объектов, входящих в композицию.

2. Возможны два разных типа композиций из существующих материалов, которые, к тому же, различаются по принципам достижения уникальных свойств:

- первый тип – основан на объединении в единое целое относительно небольшого количества разнородных материалов, сосредоточенных в строго определенных объемах получаемой композиции. Уникальные свойства такой композиции достигаются за счет того, что каждый из материалов, входящих в композицию, размещается с учетом наиболее полной реализации его характеристик при функционировании изделия;
- второй тип – предполагает формирование композиции, в которой многочисленные микрообъемы компонентов, определенной формы и размеров, заданным образом распределены по всему ее объему. Уникальные свойства такой композиции достигаются в результате создания искусственных, термодинамически неравновесных структур и/или своеобразных механизмов взаимодействия входящих в композицию компонентов.

3. В виду особенностей структуры и разных принципов достижения уникальных свойств каждый из рассмотренных типов композиций должен иметь свое определение и терминологию, например, таким образом, как это предложено в настоящей статье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Технология** конструкционных материалов. Основные понятия, термины и определения: учеб. пособие / В.П. Ступников, Э.Л. Мельников, А.Ф. Третьяков и др. М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2008. 94 с.
2. **Справочник** по композиционным материалам: в 2-х кн. Т. 1/ под ред. Дж. Любина; пер. с англ. А.Б. Геллера и др. М.: Машиностроение, 1988. 448 с.
3. **Процессы** разрушения композиционных материалов: имитация микро- и макромеханизмов на ЭВМ / А.С. Овчинский. М.: Наука, 1988. 278 с.
4. **Кочешков И.В.** Структурный подход к пониманию сущности композиционных материалов и разработке процессов получения композитов с требуемыми свойствами // Научные технологии в машиностроении. № 10(40). 2014. С. 3–9.
5. **Батаев А.А., Батаев В.А.** Композиционные материалы: строение, получение, применение: учеб. пособие. М.:

Университетская книга «Логос». 2006. 400 с.

6. **Бондалетова Л.И., Бондалетов В.Г.** Полимерные композиционные материалы. Ч. 1: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 118 с.

7. **Слюсар В.** Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы – ЭЛЕКТРОНИКА // Наука. Технология. Бизнес. 2009. № 7. С. 70–79.

8. **Хореев А.И.** Основные направления создания высокопрочных и высоконадежных композиционных материалов на основе титановых сплавов // Технология машиностроения. 2007. № 5. С. 9–15.

9. **Сенаторова О.Г., Антипов В.В., Лукина Н.Ф., Сидельников В.В., Котова Е.В.** Высокопрочные трещиностойкие легкие слоистые аломостеклопластики класса СИАЛ – перспективные материалы для авиационных конструкций // Технология легких сплавов. 2010. № 1. С. 28–31.

REFERENCES

1. Construction materials technology. Core concepts, terms and definitions. Stupnikov V.P., Mel'nikov E.L. Tret'yakov A.F. and others. Moscow: BMSTU publishing house, 2008. 94 p.
2. Composite materials handbook: in 2 books. V. 1. Ed. by G. Lyubina; translated from English by A.G. Geller and others. Moscow: Mashinostroenie, 1988. 448 p.
3. Ovchinskiy A.S. Composite materials destruction processes: micro and macro mechanism imitation on computers. Moscow: Nauka. 1988. 278 p.
4. Kocheshkov I.V. Structural approach in composite materials comprehension and development of production processes for composites with specified properties. *Science intensive technologies in mechanical engineering*. 2014. No. 10(40). Pp. 3–9.
5. Bataev A.A., Bataev V.A. Composite materials: construction, obtaining, application. Moscow: University book "Logos". 2006. 400 p.
6. Bondaletova L.I. Bondaletov V.G. Polymer composite materials. P. 1. Tomsk: Tomsk Polytechnic University publishing house. 2013. 118 p.
7. Slyusar V. Meta materials in aerial technics: history and core principals – ELECTRONICS. *Science, Technology, Business*. 2009. No. 7. Pp. 70–79.
8. Horeev A.I. Core trends in high impact and high reliable construction materials creation based on titanium alloys. *Engineering technology*. 2007. No. 5. Pp. 9–15.
9. Senatorova O.G. Antipov V.V., Lukina N.F., Sidel'nikov V.V., Kotova E.V. High impact, anti-cracking lightweight GLAREs (Glass Laminate Aluminum Reinforced Epoxy) of sial class – advanced materials for aero structures. *Light metal alloys technology*. 2010 No. 1. Pp. 28–31.

Рецензент д.т.н. А.Д. Шляпин