Московский Государственный Университет

им. М.В.Ломоносова

# ***Факультет наук о материалах***

Реферат

***Тема: «Прогресс в создании композиционных материалов».***

Студента V курса ФНМ

Кареева И.Е.

Москва 2000г.

***Содержание.***

Введение...................................................................................................2

Композиционные материалы армированные волокнами................3

Композиционные материалы с полимерной матрицей..............5

Композиционные материалы с металлической матрицей.......7

Направления развития композиционных материалов армированные волокнами........................................................….....9

Композиционный материал «биокерамика-никелид титана»....10

Роль поверхности раздела в композиционных материалах..........12

Заключение.............................................................................................16

Список литературы.............................................................................17

***Введение.***

Композиционные материалы, представляют собой металлические или неметаллические матрицы (основы) с заданным распределением в них упрочнителей (волокон дисперсных частиц и др.); при этом эффективно используются индивидуальные свойства составляющих композиции. По характеру структуры композиционные материалы подразделяются на волокнистые, упрочненные непрерывными волокнами и нитевидными кристаллами, дисперстноупрочненнные материалы, полученные путем введения в металлическую матрицу дисперсных частиц упрочнителей, слоистые материалы, созданные путем прессования или прокатки разнородных материалов. К композиционным материалам также относятся сплавы с направленной кристаллизацией эвтектических структур. Комбинируя объемное содержание, можно, в зависимости от назначения, получать материалы с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости, абразивной стойкости, а также создавать композиции с необходимыми магнитными, диэлектрическими, радиопоглощающими и другими специальными свойствами.

Волокнистые композиционные материалы, армированные нитевидными кристаллами и непрерывными волокнами тугоплавких соединений и элементов (SiC, Al2O3, бор, углерод и др.), являются новым классом материалов. Однако принципы армирования для упрочнения известны в технике с глубокой древности. Еще в Вавилоне использовали тростник для армирования глины при постройке жилищ, а в Древней Греции железными прутьями укрепляли мраморные колонны при постройке дворцов и храмов. В 1555-1560 гг. при постройке храма Василия Блаженного в Москве русские зодчие Барма и Постник использовали армированные железными полосами каменные плиты. Прообразом композиционные материалы являются широко известный железобетон, представляющий собой сочетание бетона, работающего на сжатие и стальной арматуры, работающей на растяжение, а также полученные в XIX веке прокаткой слоистые материалы.

Успешному развитию современным КМ содействовали: разработка и применение в конструкциях волокнистых стеклопластиков, обладающих высокой удельной прочностью (1940-1950 гг.). Открытие весьма высокой прочности, приближающейся к теоретической, нитевидных кристаллов и доказательства возможности использования их для упрочнения металлических и неметаллических материалов (1950-1960 гг.), разработка новых армирующих материалов – высокопрочных и высокомодульных непрерывных волокон бора, углерода, Al2O3, SiC и волокон других неорганических тугоплавких соединений, а также упрочнителей на основе металлов (1960-1970 гг.).

Важнейшими технологическими методами изготовления композиционных материалов являются: пропитка армирующих волокон матричным материалом; формирование в пресс-форме лент упрочнителя и матрицы, получаемых намоткой; холодное прессование обоих компонентов с последующим спеканием; электрохимическое нанесение покрытий на волокна с последующим прессованием; осаждение матрицы плазменным напылением на упрочнитель с последующим обжатием; пакетная диффузионная сварка монослойных лент компонентов; совместная прокатка армирующих элементов с матрицей и др. Весьма перспективны композиционные материалы, армированные нитевидными кристаллами (усами) керамических, полимерных и др. материалов. Размеры усов обычно составляют от долей до нескольких мкм. По диаметру и примерно 10-15мм. по длине[4].

***Композиционные материалы армированные волокнами.***

Период 1974-1978 гг. явился началом нового этапа в развитии конструкционных композиционных материалов, армированных волокнами. В области материаловедения это характеризуется завершением изучения «простых» механических свойств композиционные материалы. Созданием методик исследований и испытаний, разработка теоретических основ механического поведения материалов и переходом к стадии широкого комплексного исследования служебных характеристик композиционные материалы при сложных схемах нагружения, наличия концентраторов напряжений, совместном влиянии механических, эксплутационных и климатических факторов. В области технологии проведены разработки технологических процессов изготовления типовых деталей из композиционных материалов. Наметился переход к созданию специализированного технологического оборудования. Задачами на этом этапе явилось создание научных основ технологии и разработка способов управления процессом формирования качественных изделий из композиционных материалов, завершение работ по созданию высокопроизводительного оборудования для изготовления и переработки композиционные материалы. В области проектирования деталей и узлов из композиционные материалы этот этап характеризуется преодолением у конструкторов «психологического барьера» недоверия к новым материалам, началом разработки принципов оптимального проектирования конструкции из композиционные материалы, инженерных методов расчета конструкций с использованием композиционные материалы. В информационной области наблюдается переход к изданиям обобщающего типа. Таковыми являются, например, восмитомная энциклопедия по композиционным материалам, справочник по методам испытаний, свойствам и применению композиционные материалы и др. В эти годы создано несколько специализированных журналов по композиционные материалы: «Journal Composites Materials» - США; «Composites» - Великобритания; «Transactions of the Japan Society for Composite Materials» - Япония.

Наиболее распространены для армирования композиционных материалов стеклянные волокна, выпуск которых в США достигает сотен тысяч тонн. Они изготавливаются быстрым охлаждением расплавов стекломассы, фиксирующим в волокнах аморфную структуру однородной жидкости. Стекловолокна дешевы, хорошо отработан процесс изготовления пластиков на их основе; стеклопластики широко применяют в течение последних 20-30 лет в изделиях авиационной техники, в автомобилестроение, при производстве спортивных товаров и т.п. Основными недостатками стеклянных волокон является низкая жесткость, не позволяющая использовать стеклопластики в силовых конструкциях ответственного назначения, и зависимость свойств от внешней среды, обусловленная гидрофильностью волокон.

В последние годы для армирования полимерных матриц начинают использовать синтетические органические волокна. Их свойства определяются типом полимера, условиями формирования волокон и степенью ориентации их структуры. Наиболее широко применяют полиарамидное волокно.

Наиболее прочные углеродные волокна, представляющие собой продукты карбонизации исходных углеродсодержащих волокон, получают из полиакрилонитрильного, вискозного и пекового сырья. Углеродные волокна состоят из графитоподобных микро фрагментов, объединяемых зонами с аморфным и турбостратным углеродом, и содержат в своем составе практически лишь атомы углерода. Своеобразие этих волокон заключается в том, что организация графитоподобных фрагментов отражает структуру органического полимера.

В связи усилившимся за последнее время интересом к композиционные материалы с металлическими матрицами проводится интенсивная работа по созданию совместимых с металлами волокон из карбида кремния, окиси циркония или алюминия.

***Композиционные материалы с полимерной матрицей***

50-летний опыт технологической работы со стеклопластиками, показал, что способы изготовления полимерных композиционных материалов с углеродными и борными волокнами в достаточной степени отработаны. Изучены основные механические характеристики угле - и боропластиков, накоплен опыт их опробования и летной эксплуатации в деталях, не являющихся критическими с точки зрения безопасности конструкции. Расширение внедрения композиционных материалов с полимерной матрицей несколько сдерживается недостаточностью знаний о механизме разрушения и свойствах композиционных материалов в условиях, имитирующих реальные условия работы конструкций (наличие концентраторов напряжений, сложная схема нагружения, комплексное воздействие механических нагрузок и температуры, низкоэнергетический удар и т.п.), о влиянии климатических факторов (влаги, солнечной радиации, электричества). В последние годы наблюдается концентрация усилий именно на этих направлениях исследований композиционных материалов с полимерной матрицей.

Основные свойства пластиков, армированных борными и углеродными волокнами, были известны к концу 60-х годов, что обусловило возможность их опробования в различных изделиях. Однако из-за высокой стоимости волокон использование композиционных материалов с полимерной матрицей было возможным лишь в тех отраслях промышленности, в которых огромные затраты на изготовление деталей из композиционных материалов окупались бы при эксплуатации изделий. Именно по этой причине пионером в области использования высокопрочных высокомодульных композиционных материалов с полимерной матрицей стала авиационно-космическая промышленность. В дальнейшем в связи с увеличением объема производства стоимость волокон и композиционных материалов на их основе начала снижаться, что привело к возможности использования армированных пластиков для изготовления высококачественного спортивного инвентаря и позволило несколько снизить расходы авиационно-космических компаний на развитие новых материалов. Дальнейшее снижение стоимости углеродных волокон, связанное с переходом на пековое сырье, обеспечивает рентабельность применения полимерных композиционных материалов в других отраслях промышленности.

Одним из первых применений композиционных материалов с полимерной матрицей явилось изготовление из углепластика в 1967 г. 22 панелей задней кромки крыла самолета F-111A (США); эти панели были вдвое дороже алюминиевых, но позволили снизить массу конструкции на 16%. На фоне постоянного увеличения стоимости ручного труда, энергии и традиционных материалов устойчивая тенденция к снижению стоимости композиционных материалов инициирует усилия разработчиков по внедрению композиционных материалов в изделия современной техники. Одним из наиболее впечатляющих примеров внедрения композиционных материалов является разработка фирмой Grumman Aerospace Corp. горизонтального стабилизатора тяжелого современного бомбардировщика В-1B. Испытания показали, что при всех видах нагружения разрушение конструкции наступает при нагрузках, составляющих 130-170% от предельных расчетных. Так как стабилизатор испытывает мощные акустические нагрузки (расчетная долговечность 26 ч при звуковой нагрузке 167 дБ), он был испытан в соответствующих условиях и без разрушения простоял 181 ч при уровне шума 152-167 дБ. Лакокрасочное покрытие стабилизатора проверялось в условиях, имитирующих ядерный взрыв; деградации покрытия не наблюдалось. Для защиты от грозовых разрядов на 50% поверхности стабилизатора напыляли тонкий слой алюминия. При разряде с силой тока 200000А в обшивке наблюдались лишь незначительные повреждения. Летные испытания В-1 подтверждают эффективность применения композиционных материалов (далее КМ) в его конструкции.

Использование сочетаний стекло- и углепластиков для панелей пола трехслойной конструкции пассажирских самолетов позволило добиться существенного снижения массы: для широкофюзеляжного самолета ИЛ-86 на 400 кг (площадь пола 350 м2), для самолета ЯК-42 на 100 кг.

Успешное опробование самолетов, изготовленных с использованием КМ, позволило фирмам США сделать вывод о возможности перехода от летных испытаний и демонстрационных полетов к серийному внедрению КМ. В самолете F-16, состав используемых материалов был следующим: 83% алюминиевых спла­вов, 2% титановых сплавов, 5 стальных конструкций и 2% новых КМ.

В последние годы возрастает интерес к применению КМ в судостроении. В США, например, возлагаются надежды на использование КМ для суперглубоководных средств. Анализ зависимости возможной глубины погружения от конструктивных характеристик аппарата выявляет преимущества высокопрочных и высокомодульных КМ. Высокая демпфирующая способность последних, сочетающихся с конструкциями из стеклопластиков, полиармированных КМ и т.п., приводит к уменьшению перегрузок, возникающих при взрывах. Малая плотность КМ при обеспечении пожаробезопасности позволяет применять их в архитектуре надводной части судов всех типов, что способствует улучшению устойчивости, уменьшению радиолокационной заметности судов, облегчению эксплуатации корпуса. Одним из интересных применений КМ в судостроении является использование углепластиков для подводных крыльев судов. Для предотвращения влагопоглощения детали плакируются листовым титаном.

Автомобильные фирмы США (Ford и General Motors) прорабатывают вопросы применения КМ в конструкции автомобилей. Так, например, изучена конструкция ведущего вала двигателя из углепластиковой трубки, охватывающей стальной сердечник. Двухлетние испытания новой конструкции подтвердили ее высокую эффективность и надежность в эксплуатации (в частности, высокую коррозионную стойкость) при снижении массы на 2 кг.

***Композиционные материалы с металлической матрицей***

КМ с металлической матрицей находятся на более ранней стадии своего развития, чем КМ на основе полимеров. Причиной такого положения является, по всей вероятности, тот факт, что большинство из разработанных к настоящему времени армирующих высокопрочных волокон не обладает свойством совместимости по отношению к матричным сплавам. Механическое поведение КМ определяется совокупностью значений трех основных параметров: относительной сохраненной прочностью волокон в КМ (отношением прочности волокон в КМ к прочности исходных волокон), относительной прочностью связи волокон с матрицей (отношением прочности КМ при сдвиге к когезионной прочности матрицы) и относительной сохраненной пластичностью матрицы (отношением пластичности матрицы в КМ к исходной пластичности матричного сплава). То или иное соотношение этих параметров определяет механизм разрушения и весь комплекс механических свойств КМ. Так, например, при низкой прочности связи волокон с матрицей и достаточно высоких значениях двух других параметров разрушение КМ начинается с нарушения целостности границ раздела компонентов и завершается независимым, раздельным разрушением несвязан­ного (слабо связанного пучка) армирующих волокон и матрицы. При низкой сохраненной пластичности матрицы (охрупчивании матрицы) трещины в КМ, появившиеся при разрушении наименее прочных волокон, легко транслируются через матрицу и за счет концентрации напряжений у их устья перерезают встретившиеся на их пути волокна, так что образец КМ разрушается одной магистральной трещиной при весьма низких расчетных напряжениях. При достаточно высоких значениях рассматриваемых параметров появление трещин в КМ при разрушении слабых волокон не приводит к разрушению материала: развитие микротрещин тормозится внутренними поверхностями раздела (матрица-волокно), а сам материал при этом не теряет своей несущей способности.

Взаимодействие компонентов при изготовлении КМ с металлической матрицей проходит, как правило, при высоких температурах и значительных давлениях, что необходимо для обеспечения пропитывания матричным сплавим капиллярно-пористого каркаса из армирующих волокон и формирования монолитного материала. Комплекс физико-химических явлений, составляющих процесс взаимодействия компонентов КМ, обусловливает формирование связи между компонентами, с одной стороны и изменение их свойств - с другой. Совместимыми следует счи­тать компоненты, на границе которых возможно достижение прочности связи, близкой к когезионной прочности матрицы, при сохранении высоких начальных значений их механических свойств. Максимально достижимая величина характеристических параметров может быть принята за оценку совместимости компонентов КМ. Это обстоятель­ство и определило, по всей вероятности, опережающее развитие боралюминия - наиболее близкого к стадии внедрения металли­ческого КМ. Следует отметить, что совместимость других волокон с металлическими матрицами может быть улучшена за счет изменения формы сечения, размеров и свойств поверхнос­ти волокна, применения защитных покрытий на волокнах или матричных сплавов оптимального состава и т.п. Решение проб­лемы совместимости для конкретной пары компонентов может привести к бурному развитию соответствующего КМ.

Направления развития композиционных материалов армированных волокнами.

KM с полимерной матрицей, армированной высокомодульными и высокопрочными волокнами, в последние годы прошли стацию опробования в различных изделиях современной техни­ки и вступили в стадию широкого внедрения. Расширение внедрения КМ несколько сдерживается недостаточностью знаний по влиянию комплекса внешних воздействий на работоспособность конструкций из КМ. Таким образом, основной задачей в ближайшие годы будет повышение эксплуатационной надежности и работоспособности КМ с полимерной матрицей при комплексном воздействии эксплуатационных и климатических факторов (температуры, влажности, атмосферного электричества, солнечной радиации, топлива и других химичес­ких сред, эрозионных воздействий, горения и т.п.). Серьезным тормозом в вопросе применения КМ в отраслях промышленности с массовым производством является их высокая стоимость, в связи, с чем основными областями применения КМ в ближайшие годы будут, по-видимому, военная и гражданская авиация, отрасли военной промышленности. Отражением главной тенденции развития KM - стремления к регулированию в широких пределах их характеристик является создание полиармированных КМ, в которых сочетаются различные армирующие компоненты. Создание и многостороннее изучение полиармированных КМ существенно расширит область применения КМ с полимерной матрицей. Для КМ с металлической матрицей идет период разработки: некоторая близость к стадии опробования и внедрения проявляется для углеалюминия. Комбинированное армирование с целью более широкого регулирования характеристик материалов находит свое применение и для КМ с металлической матрицей (боралюминий и углеалюминий с дополнительным армированием титановой фольгой), однако в этом направлении сделаны лишь первые шаги. В ближайшие годы следует, по-видимому, ожидать интенсификации работ в области совершенствования жидкофазных способов изготовления КМ с металлическими матрицами, в том числе непрерывного литья армированных изделий. Эти методы в достаточной мере универсальны и позволяют получить различные КМ: конструкционные (угле- и боралюминий), антифрикционные ( Pb-Sn, Cu-Sn и др. с углеродным волокном) и т.п. Большой интерес представляют получаемые литейными методами металлические КМ с поликристаллическими волокнами из AIxOy. Общими для всех КМ вопросами, возникающими в связи сих применением в различных конструкциях, являются:

* необходимость создания инженерных методов расчета деталей и узлов из КМ;
* создание методов неразрушающего контроля;
* продолжение и расширение исследований работоспособности деталей и узлов из КМ при комплексном воздействии служебных и климатических факторов;
* стабилизация и усовершенствование технологии с целью уменьшения вариации свойств КМ и снижения трудоемкости изготовления деталей;
* удешевление армирующих волокон и самих КМ;
* дальнейшее повышение свойств КМ и их эксплуатационной надежности, в частности, за счет повышения прочности связи на границе раздела компонентов КМ[3].

***Композиционный материал «биокерамика-никелид титана».***

В настоящее время в медицине используется новый класс композиционных материалов ”биокерамика-никелид титана”. В таких композитах одна составляющая (например, никелид титана) обладает сверхэластичностью и памятью формы, а другая — сохраняет свойства биокерамики.

В качестве керамической составляющей может выступать фарфор, который широко используется в ортопедической стоматологии и является хрупким материалом. Высокая хрупкость фарфора обусловлена тем, что на границах различных фаз и зерен возникают контактные напряжения, значительно превосходящие уровень средних приложенных напряжений. Релаксация контактных напряжений в керамическом материале возможна, если в зоне этих напряжений происходит диссипация энергии за счет фазового превращения в никелиде титана. Изменение температуры или приложение нагрузки вызывает в никелиде титана мартенситное превращение, что приводит к эффективной релаксации напряжений в матрице при нагружении композиционного материала, позволяя твердой составляющей нести приложенную нагрузку. Известно, что упругое восстановление объема пористых прессовок из порошка сверхупругого никелида титана связано с разрывом межчастичных контактов и определяется прочностью брикета, которая зависит от пористости и величины сил контактного сцепления. Ослабление этих сил путем добавления к порошку никелида титана других компонентов, например мелкодисперсных вольфрама или карбида кремния, значительно повышает упругий эффект, так как прочные одноименные контакты титан–никель заменяются разноименными. Поскольку величина упругого эффекта снижается при уменьшении содержания никелида титана в прессовке, концентрационная зависимость упругого восстановления объема обычно является экстремальной. В композиционном материале ”фарфор–никелид титана” компоненты слабо взаимодействуют и после спекания контакты между керамической и металлической составляющей ослаблены. При нагружении они разрываются в первую очередь, и упругое восстановление объема растет. В результате деформация является обратимой, и композит проявляет свойства, подобные сверхэластичности. Биосовместимость композиционного материала ”стоматологический фарфор–никелид титана” изучалась гистологическим методом, оценивая реакцию тканей у крыс на имплантацию под кожу передней брюшной стенки образцов из композиционного материала и из фарфора. Характер тканевых реакций, их распространенность и особенности клеточных изменений в обоих случаях оказались однозначными. Таким образом, было показано, что композиционные материалы ”биокерамика–никелид титана” являются биосовместимыми[5].

***Роль поверхности раздела в композиционных материалах.***

Быстро растущий в последнее время интерес к поверхностям раздела станет понятным, если проследить историю развития композитов с металлической матрицей. Ранние работы по композитным материалам были направлены на выявление принципов, определяющих их эксплутационные характеристики. Для этой цели были удобны простые модельные системы. При выборе модельных систем руководствовались в основном совместимостью упрочнителя и матрицы. Модельные системы состояли из матриц (например, серебра или меди), химически мало активных по отношению к упрочнителям (например, вольфраму или окиси алюминия). Хотя в этих работах и признавались, важная роль поверхностей раздела, модельные системы позволяли сравнительно легко получать тип поверхности, обеспечивающий необходимую передачу нагрузки от одного компонента композита к другому. В системах, представляющих большой практический интерес, матрицами служат обычные конструкционные материалы, такие, как алюминий, титан, железо, никель. Они обладают большими реакционной способностью и прочностью, чем матрицы модельных систем. Повышенная реакционная способность затрудняет управление состоянием поверхности раздела (под поверхностью раздела понимаются зона взаимодействия упрочнителя и матрицы, имеющая конечную толщину), а для передачи больших нагрузок требуется более высокая прочность этой поверхности. Таким образом, состояние поверхности раздела становилось все более важным фактором по мере того, как интересы исследователей перемещались от модельных систем к перспективным инженерным материалам.

Проблемы, связанные с состоянием поверхности раздела, свойственны не только композитам с металлической матрицей. Для улучшения состояния поверхности раздела в стеклопластиках стеклянные волокна подвергают аппретированию. Известно, что оптимальное аппретирование является нелегким компромиссом между рядом требований, таких, как защита отдельных нитей от механических повреждений, хорошая связь стекла с полимером, сохранение этой связи в условиях эксплуатации, особенно в присутствии влаги. Оптимизация состояния поверхности раздела в композитных материалах с металлической матрицей требует, по-видимому, аналогичных компромиссных решений. Требования к поверхности раздела в металлических композитных материалах не менее жестки, чем для стеклопластиков. Так, уже упоминалась химическая несовместимость многих сочетаний матрица-волокно вследствие как недостаточной, так и излишней реакционной способности (в первом случае имеются в виду системы, где механическая связь компонентов не достигается из-за отсутствия соответствующих физико-химических эффектов). Еще одно важное требование - стабильность поверхности раздела, оно становится решающим в условиях высокотемпературной эксплуатации, для которых, собственно, и предназначены композиты с металлической матрицей. Кроме того, металлические композитные материалы должны работать в разнообразных условиях нагружения, чем неметаллические, поскольку в металле возможны различные случаи внеосного нагружения, передаваемого матрицей в тех направлениях, где упрочняющей фазы мало или вовсе нет.

Первоначально при выборе матрицы и волокна для всех систем предполагали использовать те же основные принципы, что и для модельных систем. Справедливость правила смеси для композитов, как с непрерывными, так и с короткими волокнами была показана на системе медь-вольфрам. Медь и вольфрам, по существу, взаимно не растворимы и не взаимодействуют химически, соответственно они не образуют соединений. Таким же образом на модельной системе серебро - усы сапфира был убедительно продемонстрирован эффект упрочнения нитевидными кристаллами. Степень взаимодействия между серебром и усами сапфира даже меньше, чем между медью и вольфрамом, поскольку расплавленное серебро не смачивает сапфир. Для улучшения связи с расплавленным серебром на поверхность сапфира напыляют никель. Однако связь между никелем и сапфиром вероятно чисто механическая и на поверхности раздела никель-сапфир твердый раствор не образуется. Для взаимной смачиваемости матрицы и волокна необходимо, чтобы их взаимная растворимость и реакционная способность были малы или вообще отсутствовали. Это условие, как правило, реализуется для определенного типа композитных материалов, а именно, ориентированных эвтектик. Во многих эвтектиках предел растворимости несколько изменяется с температурой, что, вообще говоря, является причиной нестабильности, хотя в известной степени и компенсируется особым кристаллографическим соотношением фаз. В большинстве практически важных случаев это условие не выполняется. После конференции 1964г. "Американского общества металлов", посвященной волокнистым композитным материалам основные успехи были достигнуты в области управления состоянием поверхности раздела между упрочнителем и матрицей. Ни серебро, ни медь не являются перспективными конструкционными материалами. Что же касается реакций между практически важными матрицами и соответствующими упрчнителями, то они очень сложны и могут приводить к самым разнообразным типам поверхностей раздела.

Одно из первых систематических исследований типов поверхностей раздела было проведено Петрашенком и Уитоном. Они исследовали ряд систем медный сплав - вольфрам, ими были выделены три типа поверхностей раздела между легированной матрицей и упрочнителем. Они соответствуют: а) на периферии проволоки наблюдается рекристаллизация; б) на поверхности раздела образуется новая фаза; в) матрица и проволока взаимно растворяются.

Первые модели поверхности раздела были основаны на представлениях об отсутствии растворимости или химического взаимодействия на поверхности раздела. Согласно этим представлениям, поверхность раздела бесконечно тонка, а свойства не связаны с собственного поверхностью. Например, понятием "прочность поверхности раздела" часто характеризовали предельное напряжение в слое матрицы, непосредственно примыкающем к волокну. Далее было сделано предположение, что поверхность раздела прочнее матрицы и поэтому передача нагрузки от волокна к волокну определяется пластическим течением матрицы.

В системах Ni-C и Ti-B на границе волокно матрица появляется зона конечной толщины, отличающаяся по свойствам, как от матрицы, так и от волокна. Анализ системы Ni-C был начат Эбертом и др. Они использовали дифференциальные методы для оценки влияния диффузии в зоне раздела на механические свойства компонентов. Эта работа является одновременно и первым анализом немодельных систем, хотя она и была ограничена лишь системами с химическим континуумом, т.е. непрерывным изменением состава. В системах Ti-B наличие продукта реакции приводит к химическому дисконтинууму - прерывистому изменению состава, что усложняет задачу, поскольку следует рассматривать еще две поверхности раздела.

В докладе на симпозиуме "Американского института горных и металлургических инженеров", посвященном композитным материалам с металлической матрицей, Бэрт и Линч назвали совместимость волокна и матрицы проблемой, определяющей развитие технологии указанных композитов. Хотя авторы рассматривали как физико-химические, так и механические аспекты совместимости, отмечалось, что главные трудности связаны с разупрочнением при химическом взаимодействии. В качестве возможных путей решения проблемы были предложены следующие три направления работ:

1. Разработка новых упрчнителей, термодинамически стабильных по отношению к матрице.
2. Применение защитных покрытий для уменьшения взаимодействия между волокном и матрицей.
3. Применение легирования для уменьшения активности диффундирующих компонентов.

При изучение совместимости системы диборида титана с титаном оказалось, что она существенно выше, чем в системе Ti-B, однако в дальнейшем это направление не развивалось под действием ряда факторов. Главный из них - низкая прочность и высокая плотность волокна диборида титана. Поэтому основное внимание стали уделять второму и третьему из перечисленных выше направлений[1].

***Заключение.***

Композиционные материалы постепенно занимает все большее место в нашей жизни. Уже достаточно трудно представить современную стоматологию без композитных материалов. Области применения композиционных материалов многочисленны. Кроме авиационно-космической, ракетной и других специальных отраслей техники, они могут быть успешно применены в энергетическом турбостроении, в автомобильной и горнорудной, металлургической промышленности, в строительстве и т.д. Диапазон применения этих материалов увеличивается день ото дня и сулит еще много интересного. Можно с уверенностью сказать, что это материалы будущего.

***Список литературы.***

1. Современные композиционные материалы, под ред. П.Крока и Л.Броумана, пер. с англ., М., 1978г.
2. Волокнистые композиционные материалы, пер. с англ., М., 1967г.
3. Итоги науки и техники «Композиционные материалы», под ред. Л.П.Кобец, М.-1979г.
4. Большая советская энциклопедия, главн. Ред. А.М.Прохоров, М., 1973г., том 12.
5. В.И. Итин и др./ Письма в ЖТФ том 23 №8 (1997) 1-6.