

УДК 678+67.014+67.03+62-03

***ОСОБЕННОСТИ МЕЖФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В
СИСТЕМАХ «ПОЛИМЕРНАЯ МАТРИЦА – ВОЛОКНИСТЫЙ
НАПОЛНИТЕЛЬ»***

Бороздина Е.А.

Студент 4 курса, Аэрокосмического факультет,

Кафедра “Механика композиционных материалов и конструкций”,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

Пермь, Россия¹

Аннотация: особенности межфазного взаимодействия в системах «полимерная матрица – волокнистый наполнитель». В статье рассматривается структура межфазного слоя, понятия адгезии и адгезионной прочности, смачиваемости и взаимодиффузии. В результате было определено, как влияют процессы на границах раздела фаз на прочность полимерного композиционного материала (ПКМ) и что нужно делать для качественного соединения полимерной матрицы с волокнистым наполнителем.

Ключевые слова: межфазное взаимодействие, полимерный композиционный материал, адгезия, адгезионная прочность, смачиваемость, взаимная диффузия.

***FEATURES OF INTERFACIAL INTERACTION IN "POLYMER MATRIX –
FIBROUS FILLER" SYSTEMS***

Borozdina E.A.

4th year student, Aerospace Faculty,

Department of “Mechanics of Composite Materials and Structures”,

Perm National Research Polytechnic University,

¹ Науч.рук. профессор, доктор технических наук Г.И. Шайдунова
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

Perm, Russia

Abstract: features of interfacial interaction in "polymer matrix – fibrous filler" systems. The article discusses the structure of the interfacial layer, the concepts of adhesion and adhesive strength, wettability and mutual diffusion. As a result, it was determined how the processes at the phase boundaries affect the strength of the polymer composite material (PCM) and what needs to be done for a high-quality connection of the polymer matrix with a fibrous filler.

Keywords: interfacial interaction, composite material, adhesion, adhesive strength, wettability, mutual diffusion.

Введение

В данной работе рассмотрены особенности границы раздела фаз у полимерного композиционного материала (ПКМ), который состоит из матрицы, наполнителя и межфазного слоя, играющего важную роль в формировании свойств ПКМ. Физико-механические свойства наполненных материалов определяются их структурой, поэтому межфазный слой следует учитывать при создании ПКМ, поскольку от него зависят характеристики всей конструкции.

Основная часть

Межфазный слой (МФС) представляет собой определенный объем полимера-матрицы, который находится на границе раздела полимер-наполнитель. Однако данный слой отличается своей структурой и свойствами от объема матрицы и наполнителя, поэтому его считают третьей фазой ПКМ.

Толщина МФС имеет большое значение для структуры материала, но из-за постепенного изменения свойств в соседних фазах ее точное определение затруднительно. Поэтому обычно толщина межфазной зоны приближенно принимается равной расстоянию, на котором состав и структура МФС отличаются от смежных фаз [4].

На рисунке 1 можно детально рассмотреть основные составляющие межфазного слоя полимерной матрицы и твердого тела.

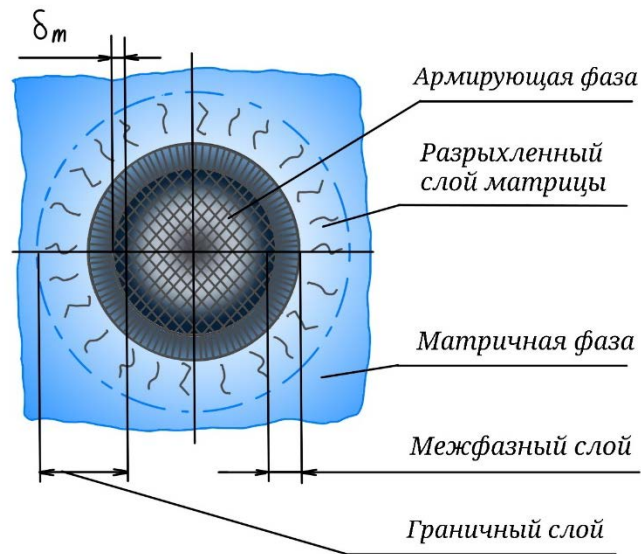


Рис.1 – Межфазный слой полимер – волокно

Авторская разработка

Самым уязвимым местом в композиционных материалах является граница раздела, поэтому к повышению межфазного взаимодействия уделяют много внимания. Для того чтобы обеспечить качество переходного слоя между субстратом и адгезивом проводят обработку поверхности волокна, для создания сильных химических полярных или водородных связей, благодаря чему повышается прочность, способность материала не разрушаться в агрессивных средах. Обрабатывают наполнитель аппретами, замасливателями и другими добавками, что объясняет такое отличие межфазного слоя от матрицы [1].

Когда в качестве наполнителя вводят полимерные или органические волокна может наблюдаться «размытие» межфазного слоя, это происходит из-за взаимопроникающих составов в межфазных слоях. Несовместимые полимеры частично растворяются между собой, образуя слабо различимую границу раздела, включающую в себя сегментальный слой и частично макромолекулы, называют такой процесс взаимодиффузией. В результате взаимодиффузии волокна могут набухнуть. Глубина проникновения адгезива в субстрат определяется природой адгезива, температурно-временными условиями.

На втором рисунке мы можем наблюдать примерную модель микроструктуры термопластичных ПКМ, состоящих из компонентов, близких по химической природе.

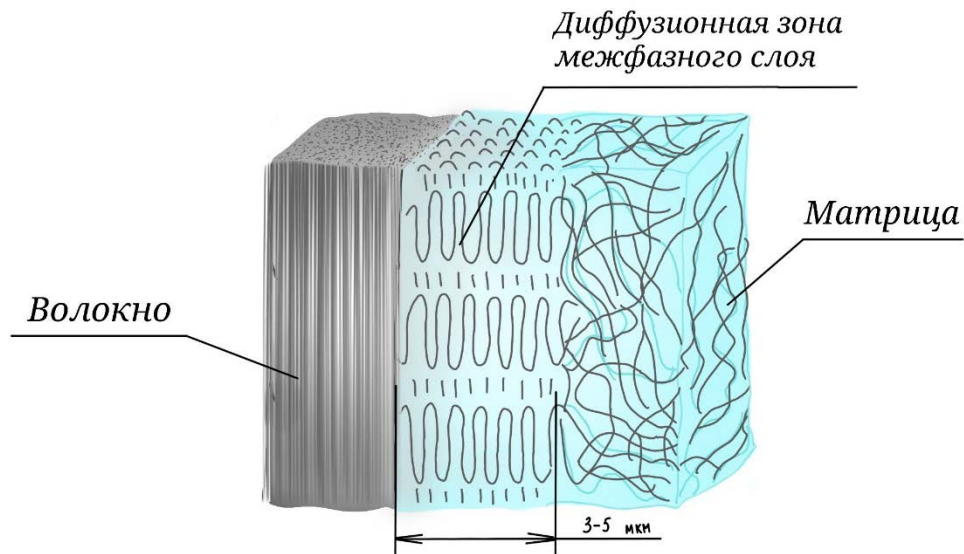


Рис.2 – Модель микроструктуры термопластичных ПКМ, состоящих из компонентов, близких по химической природе.

Авторская разработка

Основными процессами для образования межфазного слоя являются: смачивание и адгезия. При процессе смачивания образуется поверхность контакта между матрицей и наполнителем. Главной характеристикой является угол смачивания, ведь чем меньше угол, тем выше смачиваемость и тем выше будет адгезия. На рисунке 3 показана хорошая смачиваемость капли связующего на поверхности наполнителя.

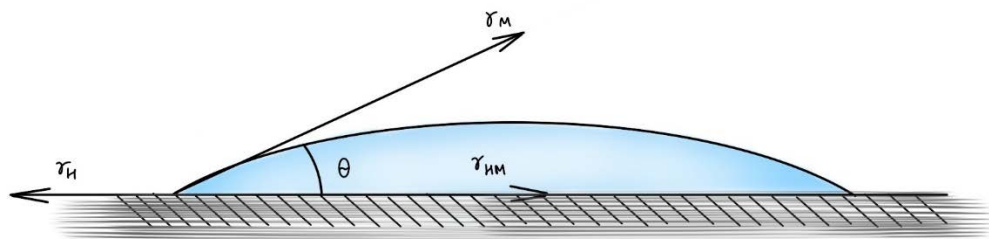


Рис. 3 – Капля связующего на поверхности наполнителя

Авторская разработка

Адгезия является ключевым процессом в формировании связей между двумя соприкасающимися поверхностями двух конденсированных сред, работоспособность полимерных композиционных материалов напрямую зависит от устойчивости адгезионных связей.

Для того чтоб оценивать адгезионное взаимодействие вводят такое понятие как адгезионная прочность τ (межфазная прочность) – количественная мера сил сцепления матрицы с наполнителем, которую определяют путем экспериментов [2].

Энергия образующихся связей, структура межфазных слоев, величины остаточных напряжений и тд. - все эти факторы влияют на адгезионную прочность.

Для получения наибольшей адгезионной прочности нужно правильно сформировать соединение, для этого существует три стадии.

На первой стадии создают физический контакт, проводится обработка поверхностей, подбирается адгезив достаточной вязкости, выполняются температурные условия. На второй стадией необходимо обеспечить возникновение межмолекулярных и химических связей, которое обеспечивается хорошим смачиванием– угол смачивания должен быть наименьшим. Третьей стадией являются диффузионные процессы, межфазный слой становится более однородным, уходят внутренние напряжения и формируется конечная структура композиционного материала [3].

Взаимодействия на границе фаз, а также взаимодействия между различными элементами неоднородности оказывают влияние на упругие и прочностные характеристики ПКМ, которые представляют из себя системы с выраженной неоднородной структурой. Поэтому при создании новых конструкций, нужно четко понимать о наличии межфазного слоя, его особенностях.

Заключение

Очень важной частью в формировании хорошего соединения полимерной матрицы и волокнистого наполнителя являются процессы: адгезии, смачиваемости и диффузии, которые влияют на прочность ПКМ.

Для того чтобы обеспечить качественное соединение полимерной матрицы с волокнистым наполнителем необходимо правильно подобрать компоненты, обработать поверхности субстрата, соблюсти температурные и временные режимы, обеспечить возникновение межмолекулярных и химических связей, которое возможно только при условии хорошего смачивания – угол смачивания должен быть наименьшим, также должны пройти диффузионные процессы, для того чтобы межфазный слой выровнялся, ушли внутренние напряжения и сформировалась конечная структура КМ.

Все эти факторы способствуют возникновению хорошей адгезионной прочностью, которая обеспечит высокие характеристики полимерного композиционного материала.

Библиографический список

1. Адаменко, Н. А. Конструкционные полимерные композиты: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / Н. А. Адаменко, А. В. Фетисов, Г. В. Агафонова. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2010. – 99 с.
2. Богданова, Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов: учеб. пособие для студентов специальности «Композиционные наноматериалы» / Ю. Г. Богданова. – М: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 2010. – 68 с
3. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин, Ю. А. Горбаткина, В. К. Крыжановский, А. М. Куперман, И. Д. Симонов-Емельянов, В. И. Халиулин, В. А. Бунаков. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.

4. Связующие для композиционных материалов // URL:
<http://www.detalmach.ru/composit2.htm> (дата обращения: 18.12.23).

Оригинальность 79%