

ОСОБЕННОСТИ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*П.Г. Ковалев – студент 3 курса БГАТУ
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.Н. Колоско*

Определяющими характеристиками материала являются прочность, твердость, жесткость и надежность. Сложность повышения общей конструкционной прочности заключается не только в повышении отдельных прочностных характеристик (предел прочности, предел текучести), но и в обеспечении высокой надежности – сопротивлении хрупкому разрушению. Хрупкое разрушение, происходящее с высокой скоростью при напряжениях значительно ниже расчетных, является наиболее опасным.

Композиционные материалы, представляющие собой композицию из армирующих элементов и скрепляющей их матрицы, обеспечивают высокую конструкционную прочность материалов. Армирующие матрицу высокопрочные волокна воспринимают основную часть нагрузки. Почти ненагруженная мягкая матрица служит для передачи и распределения нагрузки между волокнами и обеспечивает высокое сопротивление распространению трещин. Такая структура обеспечивает эффективное торможение дислокаций с сохранением их подвижности при значительных напряжениях и сопротивление вязкому разрушению, повышенная надежность материала.

По типу матричного материала композиционные материалы (КМ) делятся на полимерные (ПКМ), металлические (МКМ), керамические (ККМ), углеродные (УКМ) и гибридные (ГКМ) [1].

По геометрии компонентов КМ разделяются на три основные группы: нульмерные, одномерные, двумерные (рис. 1). Расположение компонентов в схеме армирования бывает одноосное (линейное), двухосное (плоскостное), трехосное (объемное).

Основными характеристиками механического поведения КМ являются модули упругости, связывающие деформации и вызывающие их напряжения. Модуль нормальной упругости (модуль Юнга) однонаправленного КМ в направлении оси армирования

$$E_{xk} = E_B V_B + E_M V_M = E_B V_B + E_M (1 - V_B). \quad (1)$$

где E_B, E_M – модули упругости волокон и матрицы соответственно;
 V_B, V_M – объемная доля волокон и матрицы соответственно.



Рис. 1. Классификация КМ по геометрии компонентов

Определим по формуле (1) модуль упругости полиамидного однонаправленного стеклопластика с равными объемными долями стекловолокна и полиамида: $V_B=V_M=0,5$. Согласно справочным данным, модуль упругости стекловолокна $E_B=7,35 \cdot 10^4$ МПа и полиамидной матрицы $E_M=0,2 \cdot 10^4$ МПа.

$$E_{xK} = E_B V_B + E_M V_M = 7,35 \cdot 10^4 \cdot 0,5 + 0,2 \cdot 10^4 \cdot 0,5 = 3,775 \cdot 10^4 \text{ МПа.}$$

Нормальные напряжения для однонаправленного композиционного материала по оси армирования определяются

$$\sigma_{xK} = \sigma_{xB} V_B k_B + \sigma_{xM} (1 - V_B) k_M, \quad (2)$$

где k_B – коэффициент условий работы волокон;

k_M – коэффициент, учитывающий пористости матрицы.

Модуль нормальной упругости однонаправленного КМ в перпендикулярном к оси армирования направлении определяется

$$E_{yK} = \frac{E_B E_M}{E_M V_B + E_B (1 - V_B)}. \quad (3)$$

Для рассмотренного выше примера стеклопластика получим

$$E_{yK} = \frac{7,35 \cdot 10^4 \cdot 0,2 \cdot 10^4}{0,2 \cdot 10^4 \cdot 0,5 + 7,35 \cdot 10^4 (1 - 0,5)} = \frac{1,47 \cdot 10^8}{3,775 \cdot 10^4} = 3,894 \cdot 10^4 \text{ МПа.}$$

По структуре композиты делятся основные классы: волокнистые, слоистые, дисперсно-упрочненные и нанокомпозиты.

Волокнистые композиты армированы волокнами или нитевидными кристаллами. Даже небольшое содержание наполнителя в композитах такого типа приводит к появлению качественно новых механических свойств материала. Широко варьировать свойства материала позволяет также изменение ориентации размера и кон-

центрации волокон. Кроме того, армирование волокнами придает материалу анизотропию свойств (различие свойств в разных направлениях), за счет добавки волокон проводников можно придать материалу электропроводность вдоль заданной оси.

В слоистых композиционных материалах матрица и наполнитель расположены слоями (например, в особо прочном стекле, армированном несколькими слоями полимерных пленок).

Микроструктура остальных классов композиционных материалов характеризуется тем, что матрицу наполняют частицами армирующего вещества, отличающимися размерами частиц. Размеры частиц, входящих в состав нового класса композиционных материалов нанокomпозитов составляют $10-100 \times 10^{-9}$ м.

Конструкционная прочность композиционных материалов зависит от множества факторов: материала компонентов, технологии изготовления, вида конструкции, характера армирования, вида напряженного состояния, характера приложения нагрузки (вибрационные нагрузки), воздействия факторов внешней среды (высокие температуры, суточная разность температур) и др. Поэтому реальная прочность, учитывающая влияния перечисленных выше факторов, как правило, оказывается меньше расчетной.

Антикоррозионные свойства композиционных материалов позволяют широко применять их в сельскохозяйственном машиностроении (элементы животноводческих ферм; емкости для хранения минеральных удобрений, отходов, сельскохозяйственных заготовок). Применение композиционных материалов при изготовлении кузовов сельскохозяйственной техники значительно экономит средства не только при производстве, но и в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение / А.А. Батаев, В.А. Батаев: Учеб. пос. – М: Университетская книга, Логос, 2006. – 400с.