

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

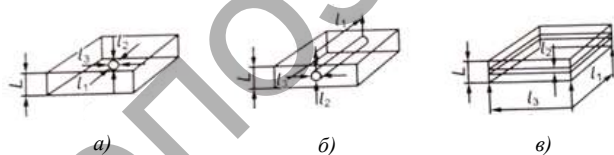
Введение. Традиционно применяемые металлические и неметаллические материалы в значительной мере достигли своего предела конструктивной прочности. Вместе с тем развитие современной техники требует создания материалов, надежно работающих в сложной комбинации силовых и температурных полей, при воздействии агрессивных сред, излучений, глубокого вакуума и высоких давлений. Зачастую требования, предъявляемые к материалам, могут носить противоречивый характер. Решение этой задачи можно осуществить путем использования композиционных материалов [1].

Композиционными называют сложные материалы, в состав которых входят сильно отличающиеся по свойствам нерастворимые или малорастворимые один в другом компоненты, разделенные в материале ярко выраженной границей. Свойства композиционных материалов в основном зависят от физико-механических свойств компонентов и прочности связи между ними. Отличительной особенностью композитных материалов является то, что в них проявляются достоинства компонентов, а не их недостатки. Вместе с тем композиционным материалам присущи свойства, которыми не обладают отдельно взятые компоненты, входящие в их состав. Для оптимизации свойств композиции выбирают компоненты с резко отличающимися, но дополняющими друг друга свойствами [2].

Основная часть. Композиционные материалы состоят из сравнительно пластичного матричного материала-основы и более твердых и прочных компонентов, являющихся наполнителями [1].

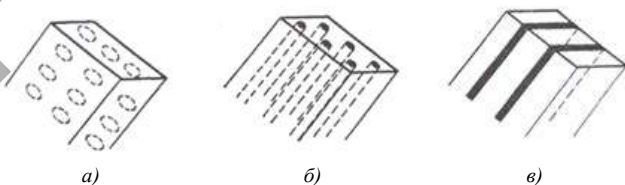
Матрица связывает композицию, придает ей форму. От свойств матрицы в значительной степени зависят технологические режимы получения композиционных материалов и такие важные эксплуатационные характеристики, как рабочая температура, сопротивление усталостному разрушению, воздействию окружающей среды, плотность и удельная прочность. В качестве матриц используют полимерные, углеродные, керамические и металлические материалы.

Ведущую роль в упрочнении композиционных материалов играют наполнители, часто называемые упрочнителями. Они имеют высокие прочность, твердость и модуль упругости. В качестве упрочнителей применяют волокна: стеклянные, углеродные, борные, органические, на основе нитевидных кристаллов (окислов, карбидов, боридов, нитридов и др.), а также металлические (проволоки), обладающие высокой прочностью и жесткостью. Углеродные волокна на воздухе могут работать до температуры 450°C, в нейтральной и восстановительной среде они сохраняют прочность до 2 200°C. Борные и керамические волокна обладают высокой твердостью и мало разупрочняются с повышением температуры. Органические волокна могут работать до температуры 200—300°C. Армирующие упрочняющие материалы могут быть в виде волокон, жгутов, нитей, лент, многослойных тканей. По форме наполнители разделяют на три основные группы: нуль-мерные, одномерные, двумерные (рисунки 1). Нуль-мерными называют наполнители, имеющие в трех измерениях очень малые размеры одного порядка (частицы). Одномерные имеют малые размеры в двух направлениях и значительно превосходящий их размер в третьем измерении (волокна). У двумерных наполнителей два размера соизмеримы с размером композиционного материала и значительно превосходят третий (пластины, ткань).



а — нуль-мерные; б — одномерные; в — двумерные

Рисунок 1 — Группы наполнителей [2]



а — дисперсно-упрочненные; б — волокнистые; в — слоистые

Рисунок 2 — Схемы строения композиционных материалов [1]

По форме наполнителя композиционные материалы разделяют на дисперсно-упрочненные, волокнистые и слоистые (рисунки 2). Дисперсноупрочненными называют композиционные материалы, упрочненные нуль-мерными наполнителями; волокнистыми — упрочненные одномерными и двумерными наполнителями; слоистыми — композиционные материалы, упрочненные двумерными наполнителями.

По схеме армирования композиционные материалы подразделяют на три группы: с одноосным, двуосным и трехосным армированием (рисунки 3). Для одноосного (линейного) армирования используют нуль-мерные и одномерные наполнители. Нуль-мерные наполнители располагаются так, что расстояние между ними по одной оси (например, по оси x) значительно меньше,

чем по двум другим. В таком случае содержание наполнителя составляет 1—5%. Одномерные наполнители располагаются параллельно друг другу.

При двухосном (плоскостном) армировании используют нуль-, одно- и двумерные наполнители. Нуль-мерные и одномерные наполнители располагаются в параллельных плоскостях. При этом расстояние между ними в пределах плоскости значительно меньше, чем между плоскостями. При таком расположении нуль-мерного наполнителя его содержание доходит до 15—16%. Одномерные наполнители находятся также в параллельных плоскостях. В данном случае в пределах каждой плоскости они расположены параллельно, а по отношению к другим плоскостям — под разными углами. Двумерные наполнители параллельны друг другу.

При трехосном (объемном) армировании нет преимущественного направления в распределении наполнителя. Для армирования используют нуль-мерные и одномерные наполнители. Расстояния между нуль-мерными наполнителями одного порядка. Их содержание может превышать 15—16%. Одномерные наполнители располагаются в трех и более пересекающихся плоскостях [2].

По характеру матрицы композиционные материалы подразделяют на полимерные, углеродные и металлические. По упрочнителю их можно классифицировать на карбоволокниты (углепласты), содержащие в качестве упрочняющего материала углеродные волокна; борволокниты — с упрочнителями в виде борных волокон; органоволокниты — с синтетическими волокнами; металлы, армированные волокнами [3].

Композиционные материалы, которые содержат два и более различных наполнителя, называют полиармированными. Если композиционные материалы состоят из трех и более компонентов, они называются гибридными [2].

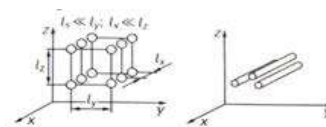
Преимуществом композиционных материалов являются высокие прочность и жесткость (для карбоволокнитов $\sigma_B = 65 \div 170$ кгс / мм², $E = 12\,000 \div 18\,000$ кгс / мм²; для борволокнитов $\sigma_B = 90 \div 175$ кгс / мм², $E = 21\,400 \div 27\,000$ кгс / мм²), хорошее сопротивление хрупкому разрушению, жаропрочность и термическая стабильность. Плотность композиционных материалов составляет от 1,35 до 4,8 г/см³ [3].

При всех преимуществах композиционные материалы имеют свои недостатки, которые и не позволяют использовать их массово: высокая стоимость, которая обусловлена высокой наукоёмкостью производства, необходимостью применения специального дорогостоящего оборудования и сырья, а следовательно развитого промышленного производства и научной базы страны; зависимость свойств композиционных материалов от выбора направления измерения, например, модуль упругости однонаправленного углепластика вдоль волокон в 10—15 раз выше, чем в поперечном; композиционные материалы гигроскопичны, т. е. склонны впитывать влагу, что обусловлено несплошностью внутренней структуры; при эксплуатации композиционные материалы могут выделять пары, которые часто являются токсичными, и т. д.

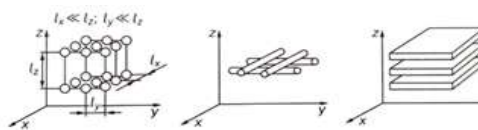
Закключение. Композиционные материалы являются перспективными конструкционными материалами во многих отраслях промышленности. Благодаря высоким удельным характеристикам, их используют при изготовлении лопастей винтов и контейнеров вертолетов, корпусов и камер сгорания реактивных двигателей и т. д. Использование композиционных материалов в конструкциях летательных аппаратов уменьшило их массу на 30—40%, увеличило полезную нагрузку без снижения скорости и дальности полета. В настоящее время композиционные материалы применяют в энергетическом машиностроении (рабочие и сопловые лопатки турбины), автомобилестроении (кузова автомобилей и рефрижераторов, детали двигателей), машиностроении (корпуса и детали машин), химической промышленности (автоклавы, цистерны, емкости), судостроении (корпуса лодок, катеров, гребные винты) и др. Особые свойства ряда композиционных материалов позволяют использовать их в качестве электроизоляционных материалов, радиопрозрачных обтекателей, подшипников скольжения и других деталей.

Список цитируемых источников

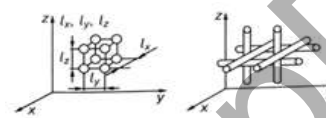
1. Солнцев, Ю. П. *Материаловедение специальных отраслей машиностроения* : учеб. пособие / Ю. П. Солнцев, В. Ю. Пирайнен, С. А. Вологжанина. — СПб. : ХИМИЗДАТ, 2007. — 784 с.
2. *Материаловедение* : учеб. пособие / И. М. Жарский [и др.]. — Минск : Выш. шк., 2015. — 557 с.
3. Лахтин, Ю. М. *Материаловедение* : учеб. для машиностроит. вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1980. — 493 с.



a)



b)



c)

a — с одноосным армированием; б — с двухосным армированием; в — с трехосным армированием

Рисунок 3 — Схемы армирования [2]