533.5(048)

С. Т. Милейко. Волокнистые композиты с металлической и керамической матрицами.

Волокнистые композиты, в отличие от металлических сплавов, для которых требования высокой прочности и высокой трещиностойкости являются, как правило, противоречащими одно другому,— доставляют уникальную возможность разделить указанные требования и добиться в рамках одной системы повышения прочности с одновременным увеличением трещиностойкости. Высокая трещиностойкость материала в конструкции обеспечивает надежность конструкции машины.

Эти возможности определяются разнообразием механизмов разрушения и деформирования волокнистых композитов, а следовательно, и разнообразием средств управления общей прочностью и трещиностойкостью материала. Удивительным на первый взгляд примером является поведение макротрещины в композите с металлической матрицей [1].

В зоне процесса разрушения перед кончиком трещины возникает система устойчивых микротрещин — обрывов хрупких (неоднородных по прочности) волокон, которая размазывает, увеличивает объем зоны пластической деформации металла матрицы, что может привести к значительному увеличению трещиностойкости композита с хрупкими волокнами и металлической матрицей по сравнению с самой неармированной матрицей. В настоящее время [2] построена количественная модель, которая показывает, что зависимость трещиностойкости такого композита от содержания хрупкого волокна в сильной степени определяется неоднородностью прочности волокна. Волокно идеальное в смысле однородности прочности не может быть основой композита с высокой трещиностойкостью.

Сопротивление трещине композита, не содержащего пластичных (например, металлических) компонентов, оказывается свойством, требующим более тонкой регулировки. Однако недавние результаты, полученные в ИФТТ, показывают, что такая регулировка возможна в достаточно широких пределах. Это позволяет надеяться не только на расширение возможностей композитов типа армированных пластиков, но и на построение композитов типа керамика—керамика.

Три группы задач повышения эффективности конструкции могут быть решены с использованием композитов: 1) снижение веса несущей конструкции, что наиболее важно для транспортных машин; 2) повышение рабочей температуры тепловых машин с целью повышения к.п.д.; 3) экономия дефицитных металлов, и в особенности, легирующих элементов.

Возможности снижения веса хорошо иллюстрируются примером бороалюминиевого композита. Этот материал, в разработке которого ИФТТ является пионером, имеет прочность в направлении армирования 100—150 кг—с/мм^2, модуль упругости—(20—25)$\cdot 10^3$ кг—с/мм^2, плотность—2,7 г/см^3. Это означает, что материал имеет механические характеристики хорошей стали, а плотность — алюминия. Снижение веса, например, космических конструкций составляет 20—30%, но может быть достигнута и еще большая экономия веса при условии решения ряда новых конструкторских и технологических задач, связанных, например, с соединениями элементов. Заметим, что в настоящее время конструирование узлов соединений композитных конструкций во многом основывается на традициях «металлического» проектирования.

Что касается жаропрочных материалов для ответственных элементов тепловых машин, двигателей, то в этой области волокнистым композитам вообще нет конкурентов. Волокнистые структуры на основе керамики уже в настоящее время имеют величины работы разрушения, на порядок превосходящие соответствующие величины для лучших образцов однородной керамики. Тугоплавкость и жаростойкость оксидных, например, керамик в качестве матрицы позволяет надеяться на получение легких жаропрочных композитов с рабочей температурой 1600—2000 °С.

Возможности экономии дефицитных металлов в конструкционных материалах определяются прежде всего тем, что работа разрушения, сопротивление трещине композитов не лимитируется хрупкостью компонентов. Поэтому многочисленные хрупкие высокомодульные и тугоплавкие соединения найдут применение в качестве элементов конструкционных материалов. Например, композиты с оксидными волокнами могут в ближайшее время заменить никелевые сплавы во многих приложениях.

Волокнистые структуры в настоящее время практически еще не используются в качестве основы материалов с особыми физическими свойствами. В то же время представляется очевидным весьма эффективное применение композитных структур в тех случаях, когда существенной является высокая прочность элементов (пьезоэлектрические, магнитострикционные преобразователи). Кроме того, очевидны возможности, возникающие при комбинировании преобразователя А—В с преобразователем В—С, которое дает преобразователь А—С.

Вообще изучение композитных структур указывает возможности получения принципиально новых материалов, и в то же время ставит целый ряд новых и интересных задач механики, физики и технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милейко С. Т. Мех. композит. материалов, 1979, № 2.
2. Милейко С. Т., Сулейманов Ф. Х. Ibid., 1981, № 3.

548.0(048)