

Подходы к гомогенизации теплопроводности фрикционных УУКМ

Научный руководитель – Гареев Артур Радикович

Соболева Татьяна Александровна

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра механики композитов, Москва, Россия
E-mail: Tjanja@mail.ru

Композиционные материалы, состоящие из углеродной матрицы, армированной углеродными волокнами (УУКМ) широко применяются в авиационной технике благодаря своим высоким удельным характеристикам и исключительной тепло- и термостойкости. Важнейшей характеристикой таких материалов является теплопроводность. При разработке новых типов УУКМ чрезвычайно важным является возможность предварительной оценки компонент тензора теплопроводности, поскольку экспериментальное изготовление образцов и проведение корректных измерений зачастую оказывается чрезвычайно технически сложным и дорогостоящим. Ситуация дополнительно осложняется тем, что в процессе термической обработки при получении УУКМ углеродная матрица претерпевает глубокие физико-химические изменения, которые приводят, в частности, к тому, что часть матрицы ориентируется у поверхности филаментов и имеет более высокую теплопроводность в радиальном направлении по сравнению с основным ее объемом, и это оказывает существенное влияние на теплопроводность УУКМ.

В работе показано, что на основе классических аналитических подходов к описанию свойств УУКМ [1] на основе доступных данных и принципиально измеряемых данных по осевой теплопроводности углеродных волокон, радиальной теплопроводности ориентированной матрицы и средней теплопроводности основного объема матрицы (последние могут быть приняты равными таковым для блочного графита с аналогичной температурой термической обработки), можно как минимум дать рациональные оценки осевой и поперечной теплопроводности углерод-углеродных стержней – основного представительного элемента всех УУКМ, состоящего из пучков углеродных филаментов, приповерхностных слоев ориентированной углеродной матрицы и неориентированных объемов матрицы.

Для осевой теплопроводности показано (рис. 1), что осевая теплопроводность резко возрастет с ростом доли ориентированной матрицы относительно неориентированной. Таким образом, достижение высокой степени ориентации матрицы в процессе получения УУКМ является эффективным фактором повышения их теплопроводности.

Кроме того, в работе экспериментально исследованы температурные зависимости поперечной теплопроводности углерод-углеродных стержней при высоких (1000-2200 [U+2103]) температурах. Полученные данные при сравнении с результатами моделирования по модели, описанной в [1], позволяют оценить эффективную теплопроводность матрицы и, следовательно, соотношение изотропной и ориентированной составляющих (рис. 2).

Поскольку, как правило, ситуация является обратной, и измерение поперечной теплопроводности стержней, особенно при высоких температурах, требует применения специальных установок и методик, данные по соотношению содержания ориентированной и изотропной составляющих, которые могут быть получены по результатам структурных исследований или механических испытаний, могут быть эффективно использованы для прогнозирования поперечной теплопроводности УУКМ.

Несмотря на то, что приведенные результаты использования простой модели для прогнозирования свойств УУКМ на основе относительно доступных экспериментальных данных, основаны на ряде не всегда справедливых приближений (теплообмен за счет чистой

теплопроводности, гомогенность свойств отдельных компонентов), они позволяют достаточно просто давать оценку теплопроводности УУКМ в осевом и поперечном направлении, что крайне важно для проведения предварительных инженерных расчетов.

Источники и литература

- 1) 1. Hashin Z. Thermoelastic properties and conductivity of carbon/carbon fiber composites // Mechanics of Materials. 1990. 8(4). P. 293-308.

Иллюстрации

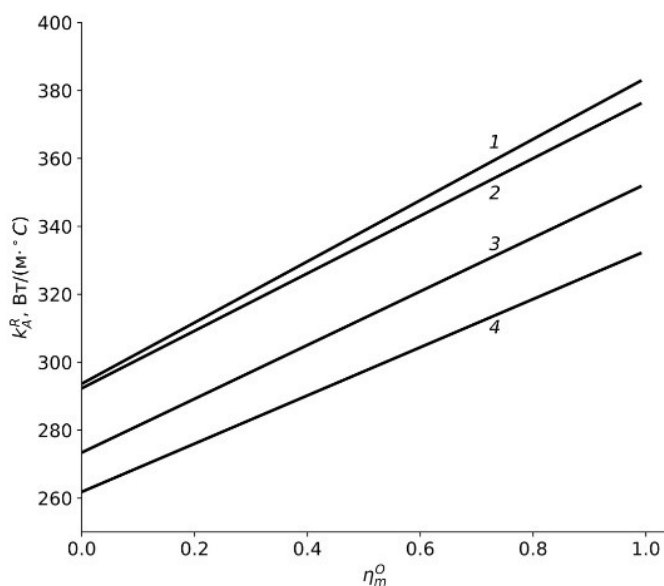


Рис. : Рисунок 1. Зависимости осевой теплопроводности углерод-углеродных стержней от относительной объемной доли ориентированной матрицы при различных температурах: 1 – 27 [У+2103], 2 – 127 [У+2103], 3 – 227 [У+2103], 4 – 327 [У+2103]

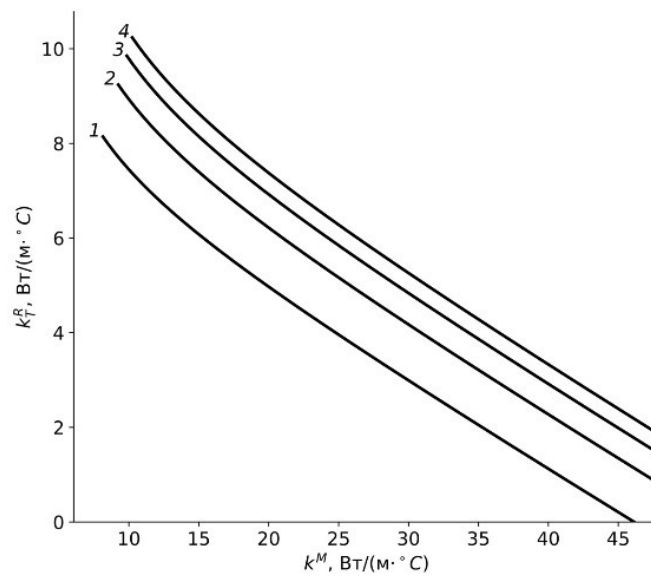


Рис. : Рисунок 2. Зависимость поперечной теплопроводности УУ стержня для различных значений теплопроводности межстержневой матрицы при температурах: 1 – 1000 [U+2103], 2 – 1400 [U+2103], 3 – 1800 [U+2103], 4 – 2200 [U+2103]