

Секция «Математика и механика»

Концентрация напряжений в слое тканого композита с замкнутыми внутренними технологическими порами в поликристаллической матрице

Дедков Денис Владимирович

Аспирант

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

Аэрокосмический факультет, Пермь, Россия

E-mail: denis.v.dedkov@gmail.com

При производстве тканых композитов с искривленными волокнами неизбежны технологические дефекты, снижающие эксплуатационные свойства изделий. К числу этих дефектов относятся появляющиеся при прошивке слоев разрывы нитей основы или утка, а также внутренние поры, которые возникают в областях матрицы, расположенных вблизи участков волокон с наибольшей кривизной, и обнаруживаются только на этапе выходного ультразвукового контроля. Эти области труднодоступны для проникновения полимерного связующего. Обеспечение наличия в этих участках поликристаллической (углеродной, осаждаемой из газовой фазы или получаемой при карбонизации полимеров), керамической или матрицы на основе терморасширенного графита также затруднено.

Разработана двухуровневая модель тканого композита с искривленными волокнами и поликристаллической матрицей, которая на основе численного конечноэлементного решения краевых задач о произвольном нагружении слоя материала в своей плоскости позволила определить коэффициенты концентрации напряжений, вызванные наличием локальных технологических несовершенств: внутренняя закрытая пора, отсутствие или разрыв нити утка и/или основы (без и с дополнительной пропиткой и карбонизацией связующего в области дефекта). Исследовано совместное влияние условий контакта искривленных волокон ткани (отсутствие прямого контакта из-за гарантированной прослойки матрицы или контакт с кулоновским трением) и наличия локальных технологических дефектов на характер распределения напряжений. Полученные численные решения позволили установить, что наибольший вклад в коэффициенты концентрации вносят касательные напряжения, значения которых более, чем в 4 или в 50 раз, превышают соответствующие величины в слое тканого композита идеальной периодической структуры с гарантированной прослойкой поликристаллической матрицы или контактом с трением соприкасающихся волокон. Поэтому для повышения способности материалом сопротивляться внешнему силовому воздействию рекомендовано предусмотреть в технологическом процессе операции, обеспечивающие проникновение связующего в полости технологических локальных дефектов, а также дополнительную пропитку связующим, доуплотнение и карбонизацию, досаждение поликристаллической матрицы из газовой фазы в случае, если в результате ультразвукового контроля готового изделия обнаруживаются с внутренняя пористость. Как показали результаты вычислительных экспериментов, указанные операции позволяют снизить в три–пять раз коэффициенты концентрации напряжений даже если не удастся исключить локальный контакт искривленных нитей ткани. В противном случае возможно развитие дефектов и последующее лавинообразное локализованное разрушение материала матрицы по механизмам сдвигов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ–Урал 11–01–96033).

Слова благодарности

Автор выражает признательность научным руководителям профессору А.А. Ташкинову и доценту А.В. Зайцеву за постоянное внимание к работе и обсуждение полученных результатов.