

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.