

Моделирование процесса отверждения композитных конструкций

Козлов Михаил Владимирович

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра механики композитов, Москва, Россия

E-mail: my_skyline@mail.ru

Ключевой стадией процесса производства композитных конструкций, изготавливаемых на основе терморезактивного связующего методом вакуумной инфузии или с использованием препрегов, является прохождение многочасового цикла отверждения при высокой температуре, в результате которого матрица переходит из жидкого состояния в твердое. В результате химических и температурных процессов, происходящих в связующем, возникает его объемная усадка, которая ведет к накоплению остаточных напряжений, приводящих к искажению формы композитной конструкции при снятии ее с оснастки.

Целью работы является предсказание искаженной формы готовой конструкции и возникающих остаточных напряжений в ней путем моделирования всего процесса отверждения.

Рассматриваются механические уравнения, описывающие процессы полимеризации и отверждения жидкого связующего с сопутствующим выделением и переносом тепла, а также зависимость свойств материала от степени полимеризации и температуры. Производится расчет деформаций химической и температурной усадки. Реализуется новая модель кинетики полимеризации для терморезактивной матрицы, предложенная кафедрой химической технологии и новых материалов МГУ имени М.В. Ломоносова.

Для моделирования процесса отверждения используется программный модуль собственной разработки, решающий связанную тепловую задачу. На докладе представлены результаты расчета искаженной формы многослойных композитных конструкций.

Источники и литература

- 1) Svanberg JM, Holmberg JA. Prediction of shape distortions, Part I: FE-implementation of a path depend constitutive model. Composites Part A, 35 (2004) 711–732.
- 2) Zobeiry N. Viscoelastic constitutive model for evaluation of residual stresses in thermoset composites during cure. PhD thesis, University of British Columbia, Department of Civil Engineering; 2006.
- 3) Li Jun, Yao XueFeng, Liu YingHua, Cen ZhangZhi, Kou ZheJun, Hu XiaoCai, Dai Di. Thermo-viscoelastic analysis of the integrated T-shaped composite structures. Composites Science and Technology, 70 (2010) 1497–1503.

Иллюстрации

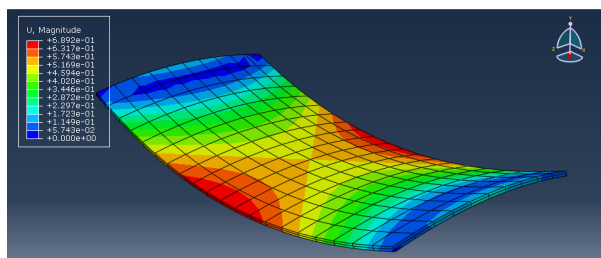


Рис. 1. Искаженная форма двухслойной пластины из композита после завершения цикла отверждения