УДК 678.027

Магистрант Д. С. Гончарёнок
Науч. рук. доц. Е. И. Кордикова,
доц. А. В. Спиглазов
(кафедра механики материалов и конструкций, БГТУ)

ТЕХНОЛОГИЯ ВАКУУМНОЙ ПРОПИТКИ ВОЛОКНИСТЫХ СТРУКТУР ТЕРМОРЕАКТИВНЫМ СВЯЗУЮЩИМ

В настоящее время большинство крупногабаритных изделий из композиционных материалов изготавливают методом вакуумной пропитки стекловолокнистых материалов термореактивным связующим. Данная технология позволяет комбинировать различные виды армирующих материалов для создания гибридных структур и тем самым повысить эффективность использования композиционных материалов в нагруженных элементах конструкций различного назначения. В качестве непрерывного волокнистого армирующего наполнителя используются стеклоткани различного типа, а в качестве полимерной матрицы – полиэфирные, эпоксидные и винилэфирные смолы. Пропитка и формование детали происходит на открытой оснастке с закрепленным на ней вакуумным мешком.

Определяющим параметром процесса получения изделий по данному методу является время пропитки, которое при ограниченном времени жизнеспособности термореактивного связующего должно составлять не более 4/5 от последнего. Время зависит от формы и размеров изделия, коэффициента проницаемости наполнителя и вязкости связующего. Предполагая, что при пропитке полимерное связующее заполняет все поры в материале, имеем прямую связь между пористостью наполнителя и объемным содержанием связующего в материале.

Для теоретического определения коэффициента проницаемости наполнителя рассматривали течение вязкой ньютоновской жидкости между волокнами исходя из условия Дарси и уравнения Козени – Кармана. При увеличении степени наполнения (уменьшении пористости пакета наполнителя) коэффициент проницаемости резко снижается, что говорит об увеличивающемся сопротивлении системы при пропитке, т.е. коэффициент проницаемости системы не является величиной постоянной в течение всего процесса. Это объясняет возможную остановку процесса пропитки волокнистых систем на последних стадиях.

Математическое моделирование процесса пропитки проводили в системе ANSYS. Известно [1, 2], что течение жидкости при заполнении пористой среды хорошо описывается уравнением теплопроводности, которое по структуре соответствует закону течения жидкости.

В качестве граничных условий использовали опытные данные по осредненным коэффициентам проницаемости среды как функцию вязкости, давления и степени наполнения при условии переменной пористости волокнистой системы от градиента давления. В результате расчетов определяли глубину прохождения фронта жидкости и время пропитки.

Для подтверждения возможности применения расчетов на реальных условиях проводили эксперимент на физической модели, реализующей двухмерное течение жидкости в системе. В ходе эксперимента фиксировали время прохождения фронтом жидкости определенного расстояния. Полученные результаты сравнивали с расчетными. Сравнение полученных результатов эксперимента и моделирования показывает хорошую корреляцию по коэффициенту проницаемости, глубине и времени пропитки, что позволяет использовать математическую модель течения жидкой среды через поровое пространство при расчетах времени пропитки наполнителя для реальных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gutowski T.G. e.s. The consolidation of laminate composites // J. Composite Materials. - 1987.-Vol. 21, №2.-P. 172-188.

2. Gibson A.G. Modification of Darsy's law to model mould interface effects in composites processing // Composite Manufacturing. - 1992, Vol. 3, № 2, P. 113-118.