

## **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ТКАНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА КИНЕТИКУ ПРОЦЕССА ПРОПИТЫВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПКМ**

Антонина Николаевна Марычева

*Магистр 1 года*

*кафедра «Материаловедение»*

*Московский государственный университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.С. Бородулин,*

*заместитель директора НОЦ Композиты России*

Показано, что на продолжительность процесса пропитывания большое влияние оказывает технология подачи связующего и угол, под которым связующее проходит по ткани. Установлено, что при фронтальной подачи связующего, при уменьшении сетевого угла имеет место увеличение продолжительности процесса пропитывания, а при подачи связующего под углом  $45^\circ$ , имеет место противоположная зависимость и при уменьшении сетевого угла время процесса пропитывания также уменьшается.

Ключевые слова: углепластики, стеклопластики, пропитка, сетевой угол, моделирование, метод конечных элементов.

Прямые методы формования, такие как, пропитка под давлением (Resin Transfer Molding, RTM), пропитка под вакуумом (Vacuum Assisted Resin Transfer Molding, VARTM) и др. получают все большее применение, что связано с их экономичностью и высоким качеством изготавливаемых изделий [1-3]. По сравнению с препреговыми технологиями, такие методы не позволяют оценить качество процесса пропитывания до момента получения готового изделия. При разработке технологических режимов с использованием прямых методов формования, чаще всего, используется метод «проб и ошибок», что существенно удлиняет продолжительность процесса разработки технологических режимов и приводит к перерасходу материалов [4, 5].

Цель настоящей работы состоит в моделировании скорости пропитывания связующим тканых наполнителей при изготовлении деталей двойной кривизны из стекло- и углепластиков.

В настоящей работе с использованием программного обеспечения PAM-RTM. Для проведения моделирования в стандартных пакетах 3D графики, например, в пакете Solid Works строится геометрическая модель изделия. Далее она транслируется в пакет конечно-элементного анализа ANSYS, где стандартным образом разбивается на конечные элементы. Следующим шагом является перенос созданной модели в программу PAM-RTM, где задаются свойства исходных материалов.

В работе проведено моделирование кинетики процесса пропитывания в зависимости от двух факторов: величины сетевого угла и величины угла, под которым подается связующее.

В результате проведенных расчетов установлено, что на продолжительность процесса пропитывания большое влияние оказывает угол, под которым связующее проходит по ткани. При фронтальной подачи связующего, при уменьшении сетевого угла имеет место увеличение продолжительности процесса пропитывания.

При подачи связующего под углом  $45^\circ$ , имеет место противоположная зависимость и при уменьшении сетевого угла время процесса пропитывания также уменьшается. Для образца из стеклянной ткани наименьшее время (при фронтальной пропитке) составляет 141 с. При изменении угла подачи связующего с  $90^\circ$  до  $45^\circ$  продолжительность уменьшилась до 96 с. Время пропитывания углеродной ткани меньше, чем стеклянной и при фронтальной пропитке его наименьшее значение составляет 64 с. Изменение угла подачи связующего приводит к уменьшению времени процесса пропитывания до 45 с.

Особенностью изделий двойной кривизны является различие в значения сетевых углов в различных точках изделия, что приводит к изменению линейной плотности и неравномерности процесса пропитывания (рис. 1). В зависимости от используемой технологии формования RTM или VARTM имеет место изменение кинетики процесса пропитывания. Наименьшее время пропитывания для одного и того же изделия, получено при использовании технологии RTM, которое на 25% меньше, чем при использовании технологии VARTM.

В работе исследовано влияние на кинетику процесса пропитывания типа используемого тканного наполнителя и установлено, что при пропитывании стеклянных тканей требуются большие временные затраты, чем при пропитывании углеродных (для одного и того же типа плетения).

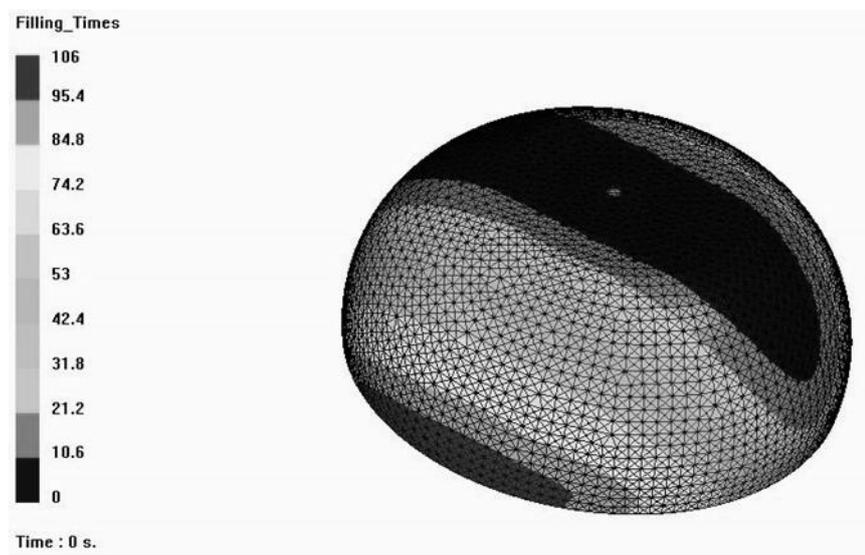


Рис. 1. Результаты моделирования времени процесса пропитывания

В результате проведенных расчетов установлено, что на продолжительность процесса пропитывания большое влияние оказывает технология подачи связующего и угол, под которым связующее проходит по ткани. При фронтальной подачи связующего, при уменьшении сетевого угла имеет место увеличение продолжительности процесса пропитывания.

## Литература

1. Бородулин А.С., Мальшева Г.В., Романова И.К. Оптимизация реологических свойств связующих, используемых при формовании изделий из стеклопластиков методом вакуумной инфузии // Клеи. Герметики. Технологии, 2015. – № 3. – С.40-44.
2. Резник С.В. Актуальные проблемы проектирования, производства и испытания ракетно-космических конструкций // Инженерный журнал: наука и инновации, 2013. – № 3 (15). – С.25.
3. Михайловский К.В., Резник С.В., Юрченко С.О. Прогнозирование зарождения и эволюции дефектов в материалах композитных конструкций многоразовых космических аппаратов на основе многомасштабного математического моделирования // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение, 2010. – № 5. – С.30-43.
4. Миронов Ю.М., Храповицкая Ю.В., Макеев М.О., Нелюб В.А., Бородулин А.С., Чуднов И.В., Буянов И.А. Оценка структурных дефектов углеродных волокон и полимерных композиционных материалов на их основе // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2011. – № 11. – С.57.

5. *Мальшева Г.В., Ахметова Э.Ш., Шимина Ю.Ю.* Оценка температур фазовых переходов полимерных связующих методом дифференциально-сканирующей калориметрии // Клеи. Герметики. Технологии. 2014. № 6. С.29-33.