

НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ ОСНОВЕ

NEW COMPOSITE MATERIALS ON THE TEXTILE BASIS

Г.В. Малышева

G.V. Malysheva

Московский государственный технический университет

имени Н.Э. Баумана

Bauman Moscow State Technical University

E-mail: malyin@mail.ru

Рассмотрены свойства композиционных материалов на основе стеклянных, углеродных и базальтовых тканей с медным покрытием. Показано, какое влияние оказывают теплофизические свойства ткани на процесс нагрева и отверждения композитов. Разработаны математические модели и проведена оптимизация режима отверждения.

Ключевые слова: металлическое покрытие; углеродная, стеклянная и базальтовая ткань; вакуумная инфузия; моделирование.

The properties of composite materials based on glass, carbon and basalt fabrics with metal coatings are considered. There are shown what influence the thermophysical properties of fabric have on the process of heating and curing of composites. Mathematical models have been developed and curing conditions have been optimized.

Key words: metal coating; carbon, glass and basalt fabric; vacuum infusion; modeling.

Композиционные материалы на основе волокнистых наполнителей и терморезистивных матриц нашли широчайшее применение в качестве основных конструкционных материалов в самых различных отраслях промышленности [1]. В качестве наполнителей, чаще всего, используются стеклянные, углеродные и базальтовые ткани, а в качестве связующих наибольшее распространение получили эпоксидные материалы [2].

Для модификации свойств тканей все более широкое распространение получают технологии металлизации [3], что позволяет расширить диапазон теплофизических свойств тканей. Авторы работ рассмотрели возможности использования углеродных лент с металлическими покрытиями и показали их эффективность [4], однако еще более существенное влияния металлические покрытия оказывают на свойства стеклянных и базальтовых тканей.

Целью работы является теоретическое и экспериментальное исследование влияния металлического покрытия на технологию изготовления стекло- и базальтопластика и оценка их теплофизических свойств.

В качестве объектов в работе использованы стеклянные, углеродные и базальтовые ткани, на которые наносили медное покрытие методом магнетронного распыления. В качестве связующего, при изготовлении углепластиков, использовался состав из эпоксидиановой смолы ЭД-20, изометилтетрагидрофталевого ангидрида и диэтиленгликоля. Формование образцов углепластиков проводили по технологии вакуумной инфузии [1].

Теплофизические свойства композитов определяли методом ДСК, изменение теплопроводности оценивали методом лазерной вспышки. Полноту отверждения оценивали по значениям энергии активации. Моделирование температурных полей по объему композиционного материала проводили в программе ESI PAM-RTM.

В результате проведенных исследований установлено, что теплопроводность композитов после нанесения на поверхность армирующего наполнителя медного покрытия повышается и составляет 2,8 Вт/м·К для углепластика, 1,8 Вт/м·К для стеклопластика и 2,1 Вт/м·К для базальтопластика. Аналогичные характеристики композитов при использовании

этих же армирующих материалов без медного покрытия в 2-2,5 раза ниже. Чем выше значения теплопроводности, тем с большей скоростью возможно проводить нагрев в процессе отверждения без потери качества.

Однако, основным преимуществом композитов, изготовленных с использованием армирующих материалов с металлическим покрытием, является более высокие скорости отверждения, что позволяет сократить продолжительность процесса отверждения. Все расчеты проводили на образцах, размером 50x50x50 мм. При моделировании процесса отверждения использовались следующие режимы: начальная температура: 25 °С, подъем температуры до 200 °С со скоростью нагрева 2 °С/мин, выдержка при 200 °С в течение 3 ч и охлаждение.

При малых скоростях нагрева (2 °С/мин), в начальный момент времени, значение температуры внутри всех исследованных типов композитов ниже, чем на его поверхности. Постепенно, в процессе протекания экзотермической реакции, температура внутри образца повышается и становится выше, чем на поверхности. Использование армирующих наполнителей с медным покрытием приводит к уменьшению градиентов температур по толщине образца и в этом случае, влияние экзотермической реакции на величину градиентов температур снижается. При больших скоростях нагрева (5 °С/мин) разница в температурах на поверхности и внутри еще больше увеличивается также только в начале процесса нагрева. Чем выше скорость нагрева, тем интенсивнее протекают процессы выделения тепла и более высокие значения теплопроводности металлизированных тканей приводят к снижению значений градиентов температур в большей степени, чем при малых скоростях нагрева.

Степени отверждения образцов композитов на поверхности и внутри также существенно отличаются. При малых скоростях нагрева они ниже внутри образцов, чем на поверхности. Использование тканей с металлическим покрытием приводит к тому, что температурное поле по объему композитов становится существенно более равномерным и как следствие, степень отверждения по объему также распределяется равномернее.

Сравнение трех типов использованных тканей показало, что в наибольшей степени металлизация эффективна при использовании стеклянных и базальтовых тканей, которые в отличие от углеродной, имеют очень низкие исходные (до металлизации) теплофизические характеристики. Для гибридных тканей, например, состоящих из углеродных и органических волокон, использование металлизации будет еще более эффективным, поскольку это позволит сделать равномерным кинетику процессов нагрева и отверждения.

Металлизация будет оказывать положительное влияние на нетканые материалы (типа Сорик), приводя к повышению их теплофизических свойств более чем в 3 раза, что также позволяет увеличить скорость процесса нагрева и приводит к созданию равномерных температурных полей при отверждении.

Качество изготовленных композитов оценивалось путем определения их пористости. Установлено, что при использовании больших скоростей нагрева, наличие металлического покрытия приводит к снижению пористости более чем на 50%. Однако, по мере снижения скорости процесса нагрева, влияние металлизации на величину пористости уменьшается и составляет около 3% при скоростях нагрева (2 °С/мин),

Металлические покрытия на стеклянных, углеродных и базальтовых тканях приводят к повышению их теплопроводности в 2-2,5 раза, что позволяет выровнять значения градиентов температур, независимо от кинетики процесса нагрева. Расчет степени отверждения по объему композитов также показал положительное влияние металлических покрытий.

Результаты настоящей работы получены в рамках проекта по теме «Научные исследования по разработке композиционных материалов со структурой управляемого хаоса и их применение в высокотехнологичном производстве» по заданию № 11.7291.2017/БЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин / Учебное пособие. М. МАДИ, 2016. – 264 с.
2. Петрова А.П., Малышева Г.В. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги: учебное пособие / под общ. ред. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ. 2017. – 472 с.
3. Горберг Б.Л., Иванов А.А., Мамонтов О.В., Стегнин В.А., Титов В.А. Модифицирование текстильных материалов нанесением нанопокровтий методом магнетронного ионно-плазменного распыления // Российский химический журнал, 2011, Т.LV, №3, С.7-13.
4. Нелюб В.А. Свойства углеродных лент с металлическими покрытиями // Композиты и наноструктуры. 2019. Т.11. №1 (41). С.23-27.