

ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АРМИРОВАНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ В ЗОНАХ РАДИАЛЬНОГО ПЕРЕХОДА КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Характерной особенностью слоистых композиционных материалов является анизотропия их механических свойств. При этом прочность в плоскости укладки слоев существенно превышает прочность в поперечном направлении. Зачастую, в процессе эксплуатации сложно-нагруженные пространственные конструкции из слоистых композитов разрушаются по причине низкой межслоевой прочности. Поэтому существует потребность в исследовании возможных путей повышения межслоевой прочности композиционных материалов.

Существующие способы повышения межслоевой прочности можно разделить на два типа:

- 1) упрочнение связующего, например, модификация химического и физического состава смолы или применение особых режимов ее полимеризации;
- 2) дополнительное армирование материала.

К технологиям упрочнения композиционных материалов относятся сшивание, стёгание, предварительная обработка иглами, предварительное нанесение ворса и армирование короткими волокнами.

В данной работе рассматривается влияние пространственного армирования, т.е. прошивки, на межслоевую прочность композиционных материалов. Прошивка представляет собой соединение нескольких слоев посредством непрерывных нитей. Нити могут изготавливаться из различных материалов. От их прочности и плотности прошивки зависит межслоевая прочность ламината.

Точное нахождение значения разрушающего усилия в поперечном направлении является важной задачей, одним из способов решения которой является испытание уголкового образца с определением радиальных напряжений в зоне сгиба. Такие элементы часто встречаются в узлах навески, нагруженных силами, не лежащими в одной плоскости. Задача данного исследования заключалась в следующем: сравнить разрушающую нагрузку, возникающую в поперечном направлении образцов с прошивкой и образцов без прошивки.

Разработка программы испытаний, выбор параметров образцов и оснастки, а также обработка результатов проводилась в соответствии со стандартом ASTM D6415 [2]. Общий вид и схема нагружения образца представлена на рисунке 1.

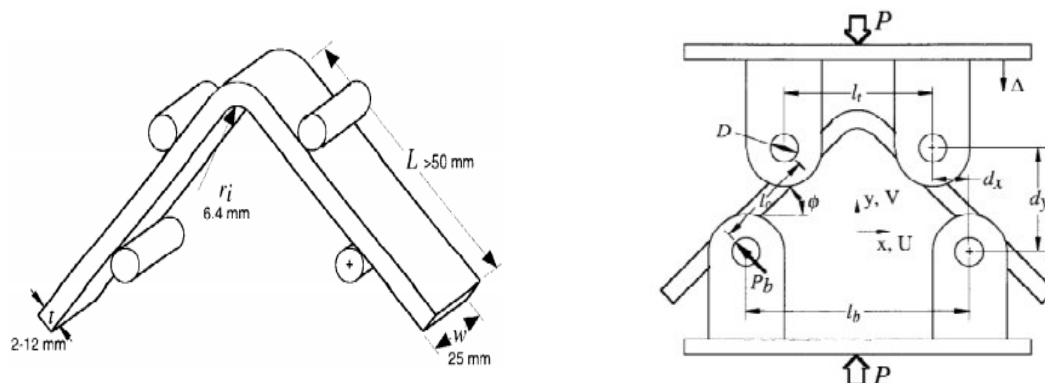


Рисунок 1 – Конструкция и схема нагружения образца

Проводилось испытание образцов, изготавливаемых из 16 слоев углеткани CC201 и эпоксидной системы SR8100/SD8824 методом вакуумной инфузии. Эта перспективная технология обладает рядом преимуществ, таких как высокое качество получаемого материала и стабильность его свойств. Помимо этого, технологический процесс сравнительно прост и осуществим в условиях лаборатории. Всего было изготовлено 32 образца: 8 образцов радиусом 5 мм с прошивкой и 8 образцов радиусом 5 мм без прошивки, а также по 8 образцов радиусом 10 мм с прошивкой и без соответственно. Прошивка сухого пакета слоев углеткани осуществлялась кевларовой нитью вручную (рисунок 2).

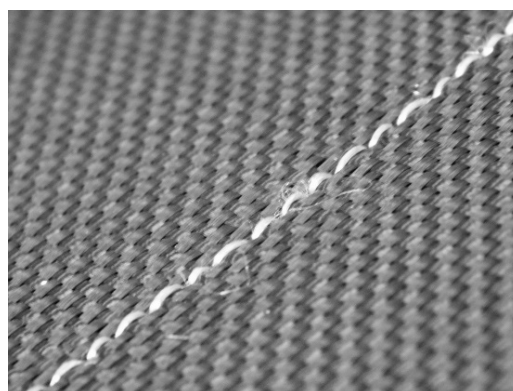


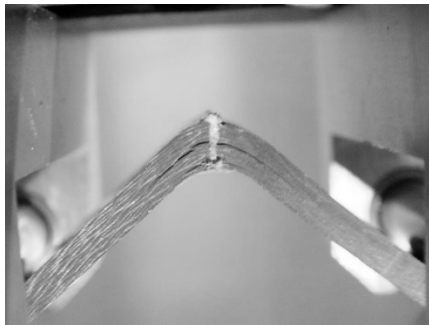
Рисунок 2 – Прошивка сухого пакета слоев углеткани

При прошивке использовался ручной машинный шов, который не распускается при обрыве нити. Это необходимо для того, чтобы обеспечить работоспособность шва после нарезки образцов из заготовки.

После полимеризации связующего заготовки разрезались на образцы.

В результате проведения статических испытаний с использованием универсальной серво-гидравлической машины MTS получены значения поперечных разрушающих

усилий в радиальной зоне образцов. Начало разрушения образцов, как правило, происходило в непрошито́й зоне (рисунок 3).



а) образец радиусом 5 мм



б) образец радиусом 10 мм

Рисунок 3 – Характер разрушения образцов при испытании

Характерный график разрушения прошитых уголко́вых элементов представлен на рисунке 4. После натяжения нити до предельного состояния происходил разрыв нитей, что приводило к окончательному разрушению образца. В процессе упрочнения сухого пакета слоев преднапряжение сшивающей нити было подобрано таким образом, чтобы предотвратить образования складок верхнего и нижнего слоев. Это привело к тому, что в процессе пропитки ламината методом вакуумной инфузии произошло сжатие слоев углеткани и ослабление натяжения шва.

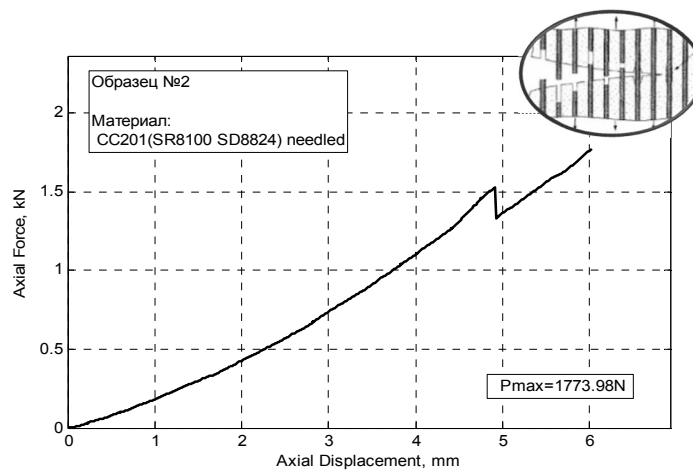


Рисунок 4 – График разрушения образцов

Полученные результаты сравнивались с результатами испытаний образцов радиусом 5 и 10 мм без прошивки. На рисунке 5 представлена сравнительная диаграмма разрушающих усилий для образцов с прошивкой и без.

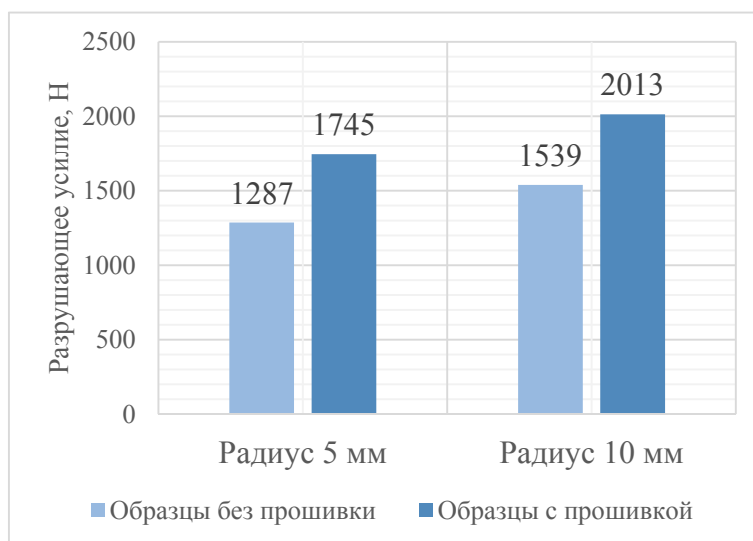


Рисунок 5 – Сравнение уголков с прошивкой и без по разрушающим усилиям

Таким образом, можно сделать вывод, что прошивка однорядным швом в зоне радиального перехода позволила повысить усилия разрушения на 15%.

Библиографический список

1. Комаров, В.А. Проектирование изделий из композиционных материалов с учетом межслоевых взаимодействий в среде ANSYS Composite PrePost [Текст] / В.А. Комаров, Р.В. Чарквиани, А.А. Павлов, С.А. Одинцова. – ООО «Иснома-пресс», Самара, 2015. – 24 с.

2. ASTM Test Method D 6415 Test Method for Measuring The Curved Beam Strength of a Fiber-Reinforced Polymer-Matrix Composite [Текст]. - Annual Book of ASTM Standards, vol. 15.03, American Society for Testing and Materials, March 2001.