

ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УП НА ОСНОВЕ ТРИАКСИАЛЬНОЙ ПЛЕТЁНОЙ ПРЕФОРМЫ. ВЫБОР АРТИКУЛА УГЛЕРОДНЫХ НИТЕЙ

Ильичев А.В.¹, Зорин Е.Е.¹, Донецкий К.И.², Караваев Р.Ю.²

1 – Московский политехнический университет (МПУ), Россия, г. Москва,

2 – ФГУП ВИАМ, Россия, г. Москва

Одним из новых, но уже нашедших своё применение в изготовлении изделий из ПКМ, является способ формования пластиков с использованием плетёных преформ. Способ изготовления таких преформ позволяет вплетать закладные элементы и оплетать отверстия, оплетать оправки сложной геометрии, применять при изготовлении изделий современные экономически эффективные технологии RTM, VARTM. Высокая скорость и экономичность процесса плетения позволяют применять его при изготовлении изделий из ПКМ в различных отраслях промышленности.

Армирующие наполнители могут иметь различное соотношение филамент (волокон) в нити, их количество обозначается в артикуле на материал с приставкой *K*, 1000 филамент соответствует обозначению *1 K*. Разница количества филамент в нити напрямую влияет на способность армирующего материала к драпировке при выкладке, набору толщины изделия, жёсткости материала и др. важным факторам, которые сказываются на свойствах готового пластика.

Плетеные преформ не требуют специальной драпировки формы после производства. Для изделий сложной формы углеродный наполнитель наплетается уже на конечный профиль. В некоторых случаях излишняя подвижность нитей армирующего материала может даже спровоцировать дефекты (в виде неармированных пустот, пор), что, в свою очередь, скажется на упруго-прочностных характеристиках изделия. Поэтому при выборе типа армирующего материала необходимо учитывать различные факторы, в том числе и количество волокон в нити. В данной работе в качестве армирующих наполнителей использовались плетёные триаксиальные углеродные преформы из волокна одной марки с артикулами *12 K* (12000 филамент в нити) и *50 K* (50000 филамент в нити). В ходе проведения сравнительных механических испытаний необходимо установить оптимальный артикул армирующего наполнителя, который будет максимально удовлетворять заданным требованиям к материалу. Из выбранного артикула углеродной нити в последующем будет изготавливаться преформа, а из нее затем будут изготавливаться изделия пустотелой цилиндрической формы. Результаты сравнительных испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сводная таблица средних значений механических испытаний ПКМ с артикулами *12 K* и *50 K* (триаксиальный тип плетения)

Физико-механические характеристики	Среднее значение показателей	
	<i>12 K</i>	<i>50 K</i>
Прочность при растяжении	637 МПа	675 МПа
Прочность при сжатии	290 МПа	354 МПа
Прочность при изгибе	807 МПа	664 МПа
Прочность при сдвиге	47 МПа	63 МПа
Сжатие после удара	219 МПа	171 МПа

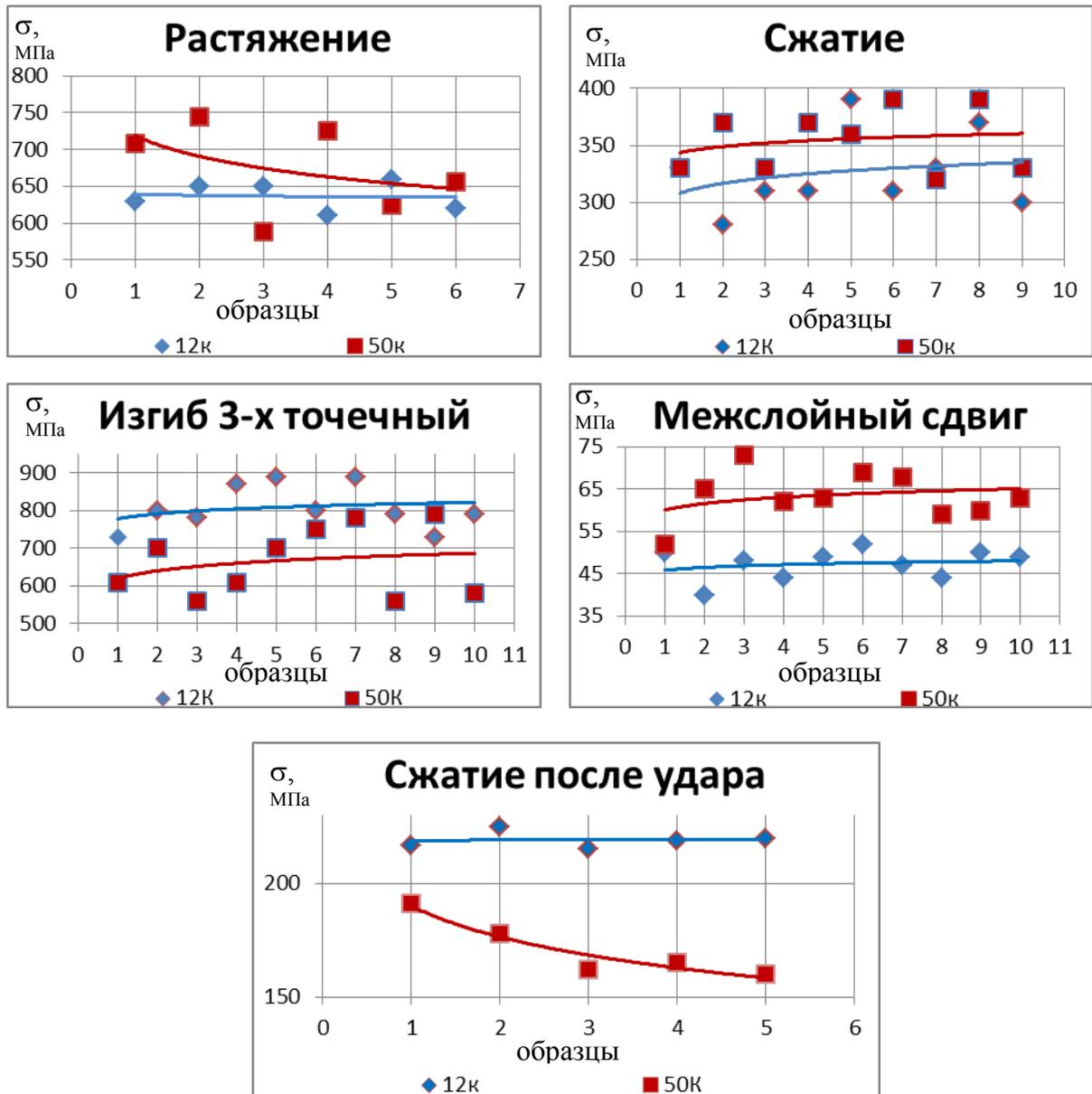


Рисунок 1 – Диаграммы напряжений для наполнителей с артикулами 12 К и 50 К.

Таким образом, представленные в таблице 1 значения характеризуют механические свойства углепластиков, полученных из плетёных преформ на основе двух видов наполнителей и одной полимерной матрицы. Для наполнителя с артикулом 50 К средние значения показателей прочности при растяжении, сжатии и сдвиге получены выше чем для наполнителя с артикулом 12 К, однако и разброс значений также был высоким, что связано с неравномерным распределением нитей в объеме пластика и образованием пустот заполненных только полимерной матрицей. С другой стороны для УП на основе наполнителя с артикулом 12 К значение максимального напряжения при изгибе получено выше, что свидетельствует о более высокой способности материала к сопротивлению в условиях сложнапряженного состояния и действию комбинированных напряжений. Одним из важнейших показателей для разрабатываемого материала является характеристика остаточной прочности после удара. Данный вид испытаний имитирует ударное воздействие с заданной энергией удара (ASTM D7136) и позволяет оценить остаточное значение прочности с учетом накопленных повреждений (ASTM D7137). Для наполнителя с артикулом 50 К

остаточная прочность при сжатии снижается более чем на 50% по сравнению с исходным значением прочности при сжатии. Для наполнителя артикулом 12 К данное характеристика не падает ниже 25% от исходной прочности при сжатии.

На основе полученных результатов, с учетом анализа структуры полученных УП, было принято решение рассматривать в качестве наполнителя углеродный ровинг с артикулом 12 К. Данная марка позволяет получить УП с высокой степенью однородности распределения волокон в объеме материала, что способствует формированию наименее дефектной структуры. Что также подтверждают данные, полученные по механическим испытаниям на изгиб и остаточную прочность после удара. Данный подход позволяет получить лучшую сходимости результатов. Также наполнитель с артикулом 12 К наиболее распространен и более технологичен при формировании преформы с последующим отверждением. Данный материал рассматривается для изготовления изделий пустотелой цилиндрической формы, которые в процессе эксплуатации активно подвергаются ударным воздействиям и изгибающим нагрузкам.

Однако при изготовлении изделий цилиндрической формы значительных диаметров, когда при изготовлении преформ нет возможности использовать плетельную машину с большим количеством веретен, не всегда возможно использовать волокно с номиналом 12К по причине низкой укрывистости монослоя изготавливаемой преформы и приходится использовать волокно большего номинала, жертвуя некоторыми прочностными характеристиками.

Список литературы

1. F.Stig. 3D-woven Reinforcement in Composites. / Fredrik Stig // Doctoral Thesis. Stockholm, Sweden, 2012.
2. Лаврис Е.В. Цельнотканые оболочки с триаксиальной структурой: текстильные изделия нового поколения // Текстильная промышленность. 2008. №11-12. С.56-57.
3. Донецкий К.И., Раскутин А.Е., Хилов П.А., Лукьяненко Ю.В., Белинис П.Г., Коротыгин А.А. Объемные плетенные и тканые преформы, используемые при изготовлении полимерных композиционных материалов //В сборнике: Безавтоклавные технологии переработки полимерных композиционных материалов нового поколения. Сборник докладов конференции. ФГУП ВИАМ. Москва, 2015. С. 13.
4. Донецкий К.И., Коган Д.И., Хрульков А.В. Свойства полимерных композиционных материалов, изготовленных на основе плетеных преформ //Труды ВИАМ. 2014. №3. Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения 03.02.16). DOI: 10.18577/2307-6046-2014-3-5-5.
5. Ильичев А.В., Михалдыкин Е.С., Евдокимов А.А., Губин А.Е., Акмеев А.Р. Растяжение анизотропных слоистых полимерных композиционных материалов на основе углеродных преформ с биаксиальным плетением // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 7. С. 402-413.