

В случае создания сложных форм с возможностью образования складок необходимо увеличение давления для предотвращения образования воздушных пустот, которые могут способствовать раздвижке СВМПЭ волокон. Применение деталей с разрезами и деталей с короткими волокнами возможен, но также требует увеличения давления прессования. При этом поворот таких деталей не приводит к снижению защитных характеристик.

КОРРЕКТИРОВКА СОСТАВОВ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

А.Н. Трофимов, А.Ф. Косолапов, Т.Е. Шацкая Е.А. Беляева
 НПО «Стеклопластик»



В материалах предыдущих конференций авторами были представлены основные результаты исследований по разработке многофункциональных композитов (КМ) на основе СВМПЭ-волокна отечественного производства, технологии получения и способам регулирования их свойств при различных режимах нагружения. Достигнутые баллистические показатели по критерию V_{50} разработанных КМ на основе тканых и нетканых СВМПЭ-композитов армирующих материалов и разработанных нами связующих представлены в таблице 1.

Таблица 1

Баллистические характеристики тканых и нетканых СВМПЭ-композитов на разных видах связующего

№ п/п	Вид связующего, растворитель	Вид армирующего материала на основе СВМПЭ-волокон	Уровень защиты, V_{50} м/с	Пов. плотн. КМ, ρ , кг/м ²
1	Эпоксипропановое, ацетон	Ткань – саржа 6/6	500 - 515	6,6±0,4
		Нетканый материал (по типу структур UD)	645 - 660	
2	Связующее на основе производных ПВС, спирто-ацетоновая смесь	Ткань саржа 6/6	570 - 590	
		Нетканый материал (по типу структур UD)	710 - 720	
3	Связующее на основе акриловых дисперсий (АД), дистиллированная вода	Ткань саржа 6/6	510 - 530	
		Нетканый материал (по типу структур UD)	650 - 670	

При изготовлении образцов КМ с разной поверхностной плотностью, критерием сравнительной оценки является коэффициент K :

$$K = \frac{V_{50}}{\rho}$$

где V_{50} – уровень защиты; ρ – поверхностная плотность КМ.

Мировой уровень коэффициента K составляет 110–120 единиц.

Учитывая возрастающие запросы на поставку элементов броневого защиты для живой силы и спецтехники в авиа-, судо- и наземном машиностроении, наше предприятие продолжает проводить поисковые исследования по корректировке составов указанных связующих с целью повышения технологичности изготовления КМ по препреговой технологии без снижения достигнутых показателей V_{50} и K .

Одним из важных технологических параметров является липкость препрегов, то есть способность мгновенно образовывать контакт между двумя соседними слоями препрега без приложения больших усилий. Оптимальная липкость способствует быстрому и качественному формированию пакета из препрега.

В настоящее время измерение липкости проводят по разным стандартам:

- ASTM D6195-03 – метод «петли»;
- ASTM D 3167 – метод «плавающего ролика»;
- ASTM D 2979 – метод «перевернутого зонда»;
- ASTM D 3121 – метод «катящегося шарика».

В практике препреговых технологий, также применяется визуально-тактильный способ оценки липкости по отрыву пальца руки от исследуемой поверхности (так называемая «степень 3»), когда на препреге остаются отпечатки пальцев, но при этом связующее к пальцам не прилипает. К уровню липкости препрегов, которая характеризуется материаловедами как «высокая», «средняя» или «низкая» предъявляется ряд требований, нередко противоречивых.

Так, с одной стороны, слои препрега должны прилипать друг к другу при формировании заготовок изделий из КМ, что обеспечивается липкостью «степени 3». С другой стороны, липкость препрега не должна быть слишком большой, чтобы препрег отделялся от разделительной пленки или подложки без потери связующего и изменения ориентации волокон армирующего наполнителя. Мы провели изучение липкости тканых и нетканых препрегов на основе трех вышеуказанных связующих методом «катящегося шарика» и установили корреляцию между полученными результатами и определением липкости по «степени 3», а именно:

- оптимальный уровень липкости («степень 3») препрегов на основе эпоксиуретанового связующего достигается через 3–5 часов после пропитки и сохраняется в течение суток на открытом воздухе. Через сутки препрег отверждается и высыхает;

- для препрегов со связующим на основе производных ПВС липкость («степень 3») сохраняется в течение 1,5–5 часов;

- для препрегов со связующим на основе АД, уровень липкости («степень 3») достигается через 9–11 часов и сохраняется в течение 4–5 суток на открытом воздухе.

При послойной укладке препрегов, для получения качественных заготовок КМ, мы используем дополнительные технологические приемы:

- нанесение дополнительного слоя адгезива на поверхность препрега;
- подплавление или подрастворение верхнего слоя препрега.

При переходе с лабораторных установок на опытно-промышленные пропиточные машины для пропитки армирующих материалов из СВМПЭ, проявилась необходимость повышения липкости, а также жизнеспособности препрегов в целом.

При выборе модификаторов для корректировки вышеуказанных связующих на основании анализа ряда литературных источников с учетом экологического фактора мы остановились на изоцианатсодержащих компонентах – для связующих с органическим растворителем и на водных полиуретановых дисперсиях (ВПУ) – для связующих на основе смеси акриловых дисперсий. Известно, что введение высокополярных уретановых фрагментов в состав связующих способствует повышению их адгезии к армирующему материалу, повышению упруго-прочностных характеристик как самих связующих, так и композитов на их основе. В качестве изоцианатсодержащего компонента в работе использовали предполимер уретановый со свободными концевыми изоцианатными группами. В качестве ВПУ использовали зарубежный и отечественные составы, в которых дисперсионной фазой является полиуретан-мочевина. Работу проводили на 2-х составах связующих:

- на основе смеси АД;
- на основе производных ПВС.

Модификаторы вводили в соотношении 1–5,15% и 1–50% по отношению к основному полимеру. Критериями оценки были:

- совместимость компонентов (визуально);
- жизнеспособность связующих;
- изменение липкости препрегов.

Изменение липкости препрегов оценивали на приборе для определения липкости препрегов методом «катящегося шарика» (рис.1).



Рис.1. Прибор для определения липкости препрегов методом «катящегося шарика».

На основании полученных результатов установлено:

- модификация связующих на основе АД не оказывает существенного влияния на липкость препрегов при комнатной температуре, однако при подогреве препрегов до температуры 45–50°C увеличивает ее в 1,5–2 раза;

- модификация связующих на основе производных ПВС повышает время сохранения липкости препрегов. При содержании модификатора 15% – до 25–30 мин., а при 50% – до 45–50 мин.

На основе модифицированных связующих были изготовлены препреги и образцы КМ. На образцах КМ были проведены испытания по определению их ударной вязкости (ГОСТ 4647-2015) и водопоглощения (ГОСТ 56652-2015). Результаты испытаний в сравнении с «базовыми» связующими представлены в таблице 2.

Таблица 2

Изменение свойств образцов СВМПЭ-композитов на основе препрегов из связующих с различным содержанием модификаторов

Наименование показателей	Связующее на основе АД				Связующее на основе производных ПВС			
	Количество модификатора, %				Количество модификатора, %			
	Базовый	5	15	50	Базовый	5	15	50
Удельная ударная вязкость (по Шарпи), кДж/м ² · кг	370	375	390	395	415	415	420	418
Водопоглощение через 24 часа, %	18,5	16,0	9,3	10,1	2,4	2,1	1,7	1,75

На основе результатов 1-го этапа исследований установлено, что модификация разнотипных связующих уретансодержащими модификаторами положительно влияет как на технологические показатели препрегов, так и на эксплуатационные свойства КМ, изготовленных на их основе.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЯЗУЮЩЕГО, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ

А.А. Кучербаев

Центр высокопрочных материалов «Армированные композиты»



В настоящее время модификация композитных материалов (далее – КМ) с помощью различных наполнителей в виде микро- и наночастиц становится все более актуальной, поскольку тем самым достигается значительный прирост упруго-прочностных, тепловых и иных свойств КМ без существенного роста удельного веса изделия. Это же делает применение наполнителей крайне желательным в вопросе изготовления средств индивидуальной бронезащиты, материалы для изготовления которых уязвимы перед воздействием высоких температур. Существует ряд современных исследований, показывающий эффективность модификации КМ для бронезащитных композитов. К сожалению, в данный момент отсутствует широко