

УДК 541.64

Конструкционные стеклопластики на основе полиэфирной матрицы

Нелюб В.А., Карасева А.А., Боченкова А.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана

mail@emtc.ru

Рассмотрен технологический процесс изготовления препрега на основе полиэфирной матрицы, дисперсного и волокнистого наполнителя, а также технология изготовления из него деталей методом горячего прессования. Представлены результаты структурных и механических испытаний полученных материалов.

Ключевые слова: полиэфирная матрица, горячее прессование, препрег, SMC технология

Традиционные технологии изготовления изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе термореактивных матриц являются дорогостоящими, поскольку требуются большие затраты времени на процесс формования (отверждения) детали. Например, при использовании эпоксидных связующих горячего отверждения с учетом времени на подъем температуры, выдержку и охлаждение, время технологического процесса формования составляет 6-9 часов. Применение эпоксидных связующих холодного отверждения позволяет отказаться от применения дорогостоящего и энергозатратного автоклавного оборудования, однако время отверждения в этом случае увеличивается до 24 час [1, 2].

При использовании полиэфирных связующих процессы формования проводят при прессовании, при этом время на весь процесс формования (с учетом времени на установку заготовки, непосредственно процесс прессования и съем готовой детали с прессоры, составляет 5-10 мин, в зависимости от геометрии и габаритов детали. Однако, низкие прочностные характеристики полиэфирных связующих традиционно не позволяли создавать на их основе конструкционные детали. Еще одной проблемой серийного внедрения полиэфирных связующих в производство деталей конструкционного назначения, являлось отсутствие технологий получения на препрегов.

Целью настоящей работы является разработка технологии изготовления препрега на основе полиэфирных смол и разработка технологии изготовления изделий методом горячего прессования.

Низкая стоимость в сочетании с высокими прочностными, диэлектрическими и адгезионными свойствами полиэфирных смол предопределили их широкое использование в качестве полимерных связующих для пластиков конструкционного назначения (табл.1).

В качестве полиэфирного связующего использовался материал марки ПН-1, производства ОАО «Жилевский завод пластмасс». В состав также вводился полистирол марки 102D, производства ООО «Стайровит». Такой

состав гибридного связующего, содержащего термореактивную матрицу и термопластичную, обеспечивал материалу высокие деформационные свойства, в том числе и стойкость к длительному воздействию знакопеременных нагрузок.

В качестве одного из наполнителей в данное связующее первоначально вводили слоистые силикаты, которые являются одними из наиболее перспективных наполнителей при создании полимерных нанокомпозитов. Это связано с тем, получаемые из них наночастицы однородны по размерам и относительно дешевые (по сравнению с другими типами аналогичных наполнителей). Благодаря нанометровому размеру частиц, достигаемому диспергированием, нанокомпозиты на основе силикатов обладают улучшенными механическими свойствами, например, увеличивается модуль упругости и прочность, а также существенно повышаются все свойства пожаробезопасности.

В полиэфирную матрицу, также вводили гидроксид алюминия. Данные дисперсные наполнители обеспечивали придание материалу отформованных изделий, свойства пониженной горючести. Количество используемого слоистого силиката (в настоящей работе применялся монтмориллонит) составляло 1 мас.%, количество гидроксида алюминия 10 мас.%. Эти материалы выполняли функции апритирена и понижали горючесть, что позволяло использовать разработанный препрег при изготовлении деталей интерьера жилых домов.

Полученная смесь связующего, наносилась на ангиадгезионную пленку и далее на специальной установке (рис. 1) она армировалась рубленными стеловолокнами в двух направлениях и сверху покрывалась таким же слоем связующего. Полученный материал представлял собой готовый препрег, который имел срок жизнеспособности 6 месяцев. При хранении в холодильнике при температуре +4°C срок его годности составляет не менее 12 мес.

Свойства изготовленного препрега приведены в табл. 2. Как видно из полученных данных, от стандартных препрегов на основе стеклоткани (или какого либо иного тканного наполнителя) и эпоксидного связующего, полученный препрег ничем не отличается. Однако, он имеет существенно большую толщину, которая составляет 3 мм, тогда как у препрегов на основе стеклоткани она не превышает 0,5 мм.

В зависимости от назначения деталей, схема армирования и тип наполнителя могут изменяться, что соответственно приведет и к некоторому изменению толщины слоя препрега.

Полученный материал препрега имел светло серый цвет, что практически полностью определялось цветом используемых наполнителей. При необходимости цвет может быть изменен за счет изменения наполнителей и добавки в состав препрега специальных пигментов.

Из полученного препрега вырезали куски заданной формы, укладывали их в специальную обогреваемую оснастку и методом горячего прессования формовалась детали практически любой геометрической формы и размеров

(рис. 2). Минимальная температуры при прессовании составляла 130°C, максимальная – 150°C. При толщине детали 1 мм время прессования составляло 1,5 мин; при толщине 3 мм – 3,5 мин; при толщине 5 мм – 6 мин.

С использованием электрического микроскопа Phenom, который позволяет получать изображение поверхности образца с разрешением не менее 50 нм, проводился структурный анализ (рис. 3) и была исследована поверхность разрушения образцов после их испытания на ударную вязкость. Можно предположить, что характер разрушения, является квазихрупким, поскольку на то указывают не четкие контуры следов разрушенной матрицы.

На фото (см. Рис. 3 а-в) хорошо видна реальная схема укладки стеклянных волокон. Армирование препрега (по разработанной технологии), происходит короткими стеклянными волокнами, резка которых происходит непосредственно на линии производства препрега (см. рис. 1). Ножи располагаются под углами 45 ° относительно друг друга, что обеспечивает соответствующую укладку волокон. Однако на практике имеет место некоторое нарушение углов армирования (см. рис. 3 в, д) что связано с тем, что волокна не укладываются на слой препрега вручную, а падают на него произвольно. При такой технологии имеет место касание одних волокон других, что приводит к нарушению их расположения на слое связующего.

Полученные фото структур также позволили оценить степень равномерности распределения дисперсного наполнителя (гидроксида алюминия), которые на полученных фотографиях имеет белый цвет и наиболее хорошо виден на рис. 3 г.

В результате проведенных исследований был разработан состав полимерного связующего, технология производства на его основе препрега и технология прессования. Все проведенные исследования прочностных и деформационных характеристик, а также результаты структурного анализа полученных ПКМ, показали их высокое качество и перспективность при изготовлении различных типов изделий в серийном производстве.

Отдельные результаты настоящей работы получены при финансовой поддержке по ГК № 16.518.11.7081.

Список используемых источников

1. Комков М.А., Тарасов В.А. Технология намотки композитных конструкций ракет и средств поражения: учеб. Пос. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э, Баумана, 2011. – 431.с.
2. Технология производства изделий и интегральных конструкций из композиционных материалов в машиностроении // Научные редакторы А.Г. Братухин, В.С. Боголюбов, О.С. Сироткин. – М.: Готика, 2003. – 516с.
3. Полимерные композиционные материалы: Научное издание / Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 352 с.

Таблица 1

Механические характеристики связующих различной природы

Типы связующих	Характеристика		
	ϵ , %	$E_{\text{раст}}$, ГПа	$E_{\text{изг}}$, ГПа
Ненасыщенные полиэферы	2,2-2,8	5,0	55-100
Сложные диэферы винилкарбоновых кислот	3,0	5,5	128,2
Эпоксидные смолы	2,5-3,5	0,5-6	125
Фенолоформальдегидные олигомеры	0,4-1,0	-	3,5-5,0

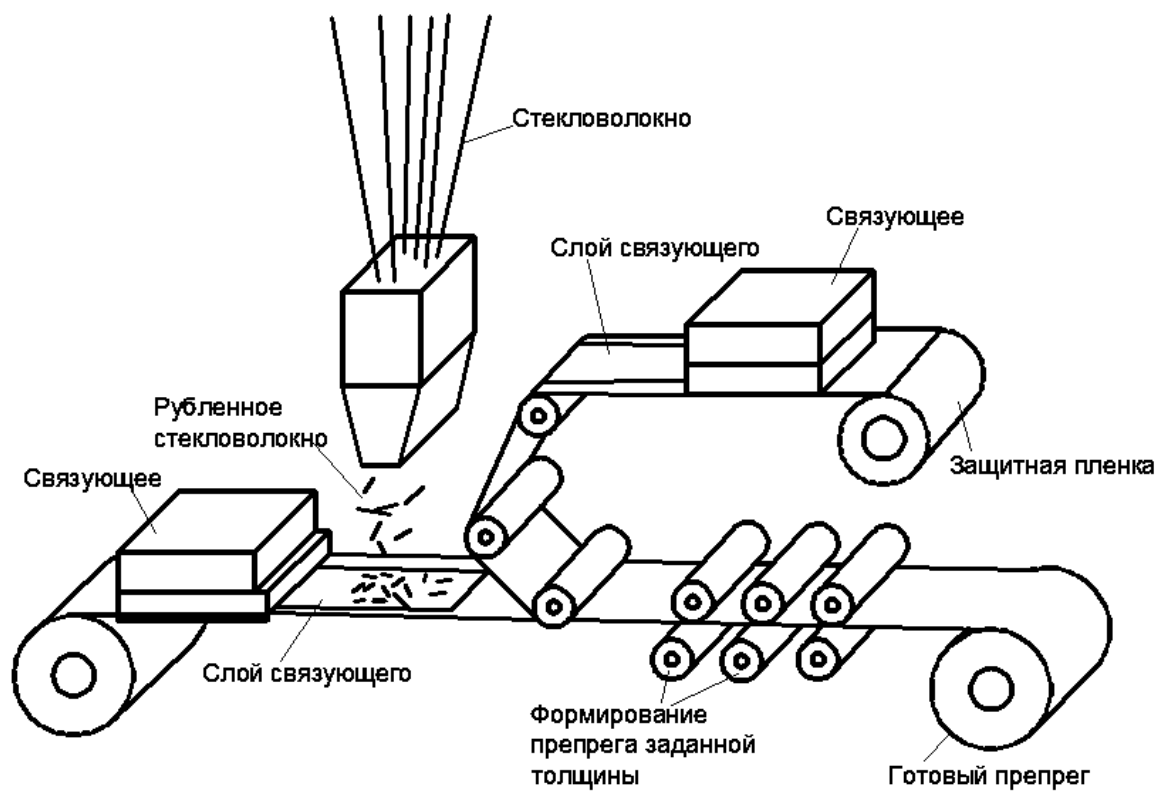


Рис. 1.Схема производства препрега из полиэфирной смолы и рубленного стекловолокна



а)



б)

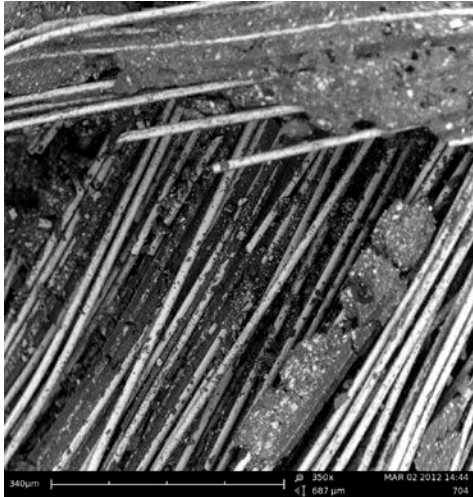


в)

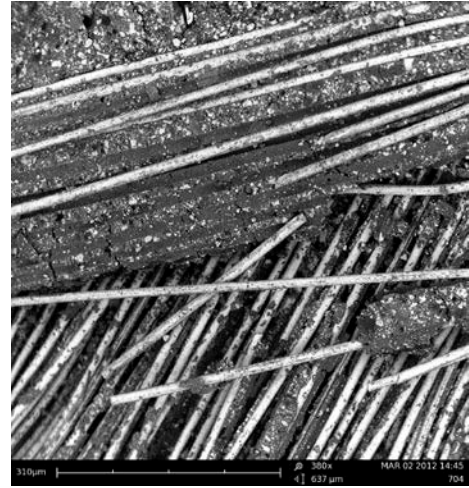


г)

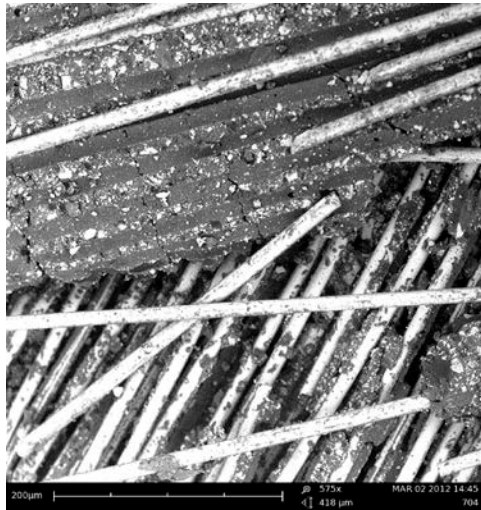
Рис. 2. Внешний вид деталей, изготовленных по технологии прессования из препрега на основе полиэфирной смолы и рубленного стекловолокна:
а) – рефлектор фары; б) – маслянный поддон двигателя; в) – силовой шкаф;
г) – корпус предохранительного устройства



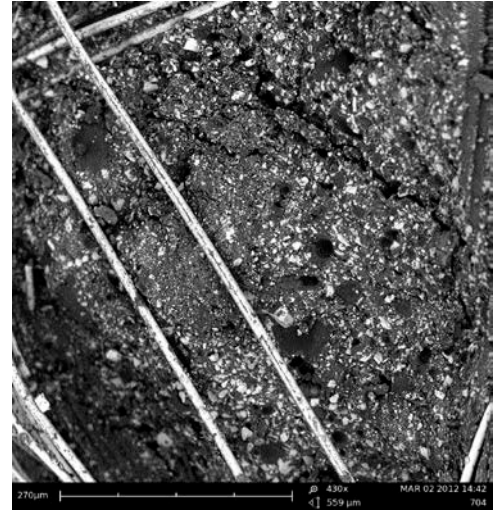
а)



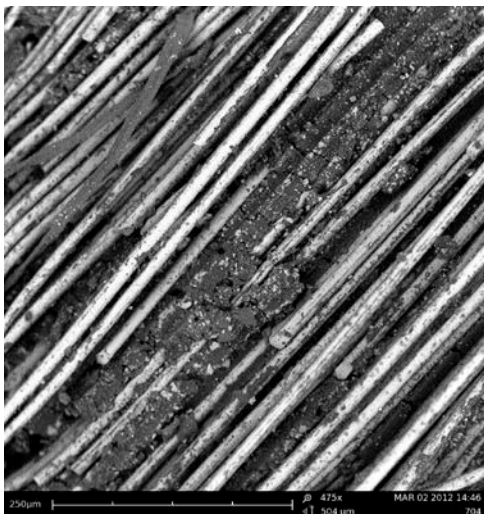
б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 3. Структура образцов из ПКМ на основе полиэфирной смолы, армированной рубленым стекловолокном, в поперечном (а-в) и продольном (г-е) направлениях после разрушения при испытаниях на растяжение

Таблица 2

Свойства препрега

Характеристики	Значения
Ширина листового препрега, мм;	600
Содержание связующего в препреге, масс. %	30 – 50
Суммарное содержание наполнителей, масс. %	70 – 50
Масса летучих продуктов %, не более	8
Температура формования, °С	130 - 150
Время формования, мин	1,5 – 5 (в зависимости от толщины деталей)
Давление при формовании, МПа	5 – 7 (в зависимости от толщины деталей)