

УДК 678.023

**Е. И. Кордикова**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);**А. В. Спиглазов**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);**И. Н. Дубовик**, студентка (БГТУ);**П. С. Иванов**, студент (БГТУ)

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВ ПРЕМИКСОВ И ПРЕПРЕГОВ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ

В представляемой работе предлагается использовать измельченные отходы стеклопластика в качестве наполнителя для полиэфирных премиксов и препрегов. Определяются технологические режимы изготовления изделий и важные физико-механические свойства пресс-материалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол при использовании измельченных отходов стеклопластика вместо традиционно применяемых рубленых стеклянных волокон. Полученные данные позволяют говорить о возможности применения вторичных термореактивных материалов для изготовления мелких и среднегабаритных изделий.

In the submitted work are encouraged to use the crushed waste glass as filler for polyester premixes and prepregs. Defines the technological modes of production and basic physical and mechanical properties of press-materials based on unsaturated polyester resins using crushed waste glass instead of the traditionally used chopped glass fibers. The data obtained allow us to speak about the possibility of using secondary thermosetting materials for making small and medium-sized products.

**Введение.** Объем современного европейского рынка полиэфирных пресс-материалов составляет примерно 280 тыс. т в год. В производстве транспортных средств – 43%, в производстве изделий для электротехнической и электронной промышленности – 40%, в других отраслях – 17% [1]. Премикс используется в основном при производстве мало- и среднегабаритных изделий сложной конфигурации

В Республике Беларусь производство премиксов отсутствует, но есть предприятия, занимающиеся производством изделий из стеклопластиков для различных отраслей промышленности. Такие предприятия имеют достаточную техническую и материальную базу для организации производства премиксов.

При изготовлении изделий из полиэфирных полимеров и композиционных материалов на их основе образуются технологические отходы, а также отходы в виде отслуживших свой срок изделий.

Из способов переработки реактопластов и полимерных композитных материалов (ПКМ) на их основе преимущество отдается измельчению на различных агрегатах. Изделия измельчают и подвергают разделению на различные фракционные группы. Получаемые частицы вводят в композит в качестве наполнителя [2].

Остается проблема использования мелкодисперсной фракции термореактивного полимера с размером частиц до 70 мкм, которая после измельчения обладает активностью из-за образования реакционноспособных функциональных групп.

В представляемой работе предлагается использовать измельченные отходы стеклопластика в качестве наполнителя для полиэфирных премиксов и препрегов без классификации.

**Основная часть.** Базовый состав пресс-материалов (премиксов и препрегов) следующий: полиэфирное связующее – 45% мас., стекловолоконистые отходы (СВО) – 20% мас., минеральный дисперсный наполнитель – 30% мас., добавки – 5% мас.

Измельченные отходы стеклопластиков представляют собой полидисперсную смесь волоконистой и мелкодисперсной составляющей (рис. 1).

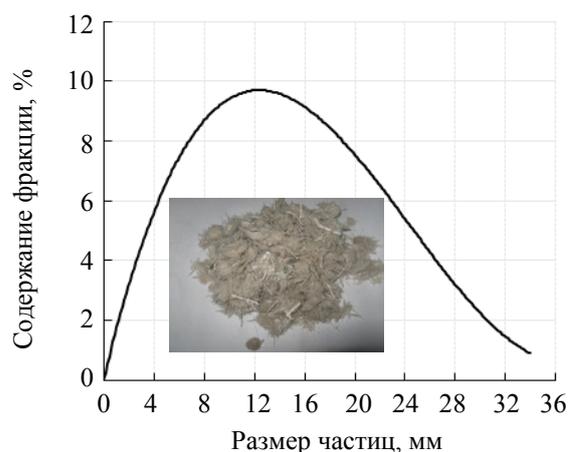


Рис. 1. Функция распределения частиц по размерам и внешний вид измельченных отходов

Влияние параметров на качество полученных отпрессовок определяли по плотности и показателю твердости по Шору (шкала D). Эксперименты показали, что оптимальная

температура прессования из условия получения максимальной плотности и твердости находится в диапазоне от 100 до 120°C. Показатель твердости увеличивается на 24% при повышении температуры от 80 до 120°C.

Время выдержки зависит от температуры прессования, размеров и формы изделия. Максимальная твердость наблюдается при прессовании диска в течение 5 мин при температуре 120°C. Увеличение времени выдержки приводит к началу деструкции полимера, что снижает плотность и твердость материала.

При прессовании изделий давление необходимо для удаления воздуха из пресс-материала и его уплотнения. Отверждение полиэфирных связующих происходит без выделения летучих, поэтому усилие прессования может быть снижено. Результаты эксперимента показывают, что влияние усилия прессования незначительно (увеличение твердости примерно на 7%), однако, при

увеличении удельного давления прессования более 10 МПа происходит значительное выдавливание связующего в зазоры.

Результаты экспериментов дают возможность определить оптимальные параметры процесса прессования плоских изделий из премиксов на основе стекловолоконистых отходов: температура – 120°C, время выдержки под давлением – 1 мин/мм, удельное давление прессования – 7 МПа.

Полученные экспериментально параметры технологического процесса применяли при изготовлении образцов для определения физико-механических свойств премикса и препрега в зависимости от содержания стекловолоконистых отходов. Увеличение содержания СВО производили за счет уменьшения количества минерального наполнителя.

Полученные результаты экспериментов в сравнении представлены на рис. 2.

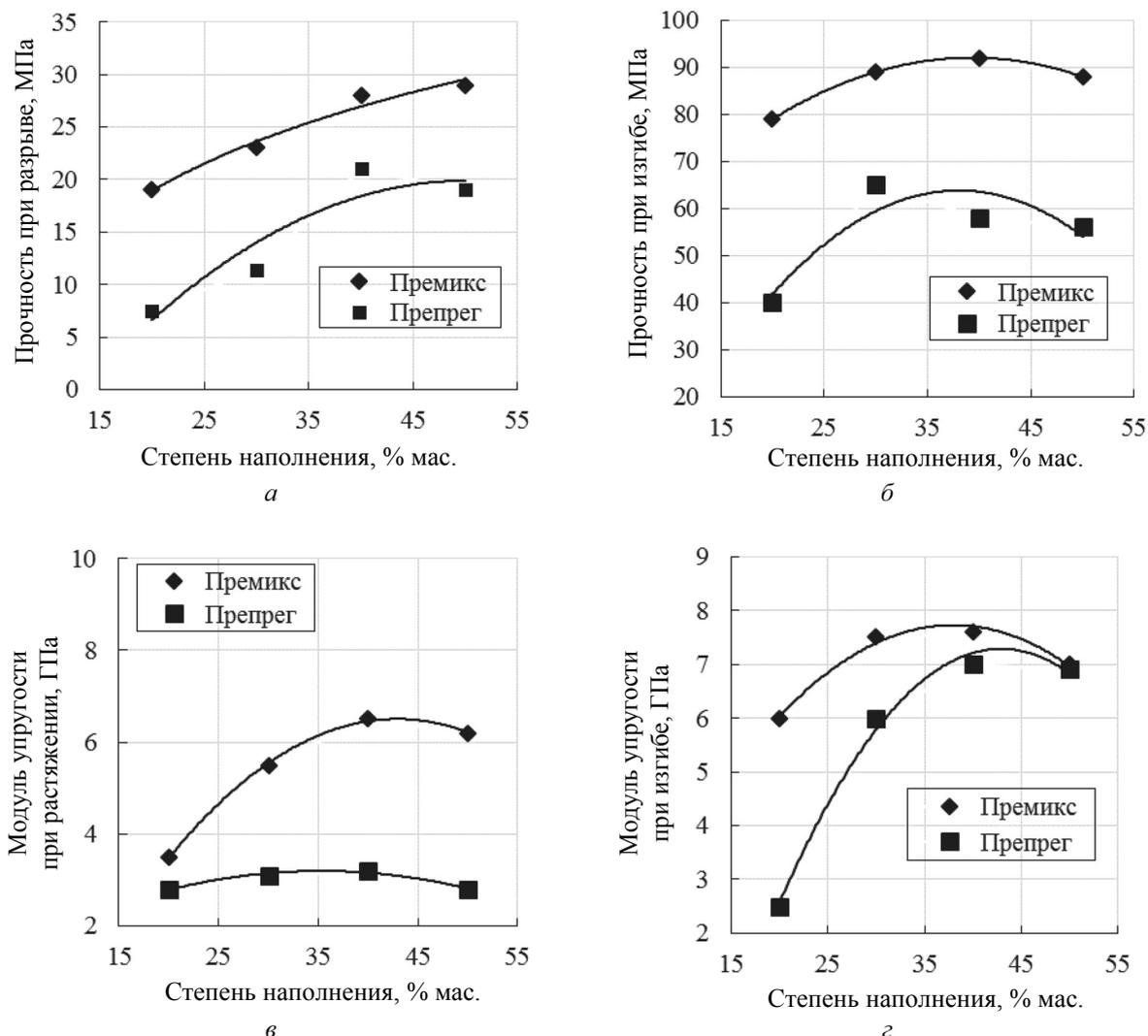


Рис. 2. Зависимость основных механических показателей от степени наполнения для пресс-материалов: прочность при разрыве (а) и изгибе (б), модуль упругости при растяжении (в) и изгибе (г)

## Физико-механические свойства вторичных пресс-материалов

Параметры	Премикс			Препрег		
	Содержание СВО, % мас.					
	20	30	40	20	30	40
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,3–1,5			1,4–1,6		
Прочность при растяжении, МПа	19	22	29	7,5	11,4	23,2
Прочность при изгибе, МПа	79	89	92	40	65	58
Модуль упругости при изгибе, ГПа	6,0	7,5	7,6	2,1	6,1	7,0
Модуль упругости при растяжении, ГПа	3,5	5,5	7,5	2,8	3,1	3,2

Испытания проводили в соответствии с установленными стандартами: на растяжение для определения прочности при разрыве по ГОСТ 11262–80, для определения прочности при изгибе по трехточечной схеме нагружения по ГОСТ 4648–71, для определения модуля упругости при растяжении и изгибе по ГОСТ 9550–81.

По зависимостям (рис. 2) видно, что с увеличением степени наполнения от 20 до 40% мас. механические характеристики увеличиваются в 1,5 и 2,5 раза при растяжении и изгибе соответственно. Свойства премиксов в среднем в 1,5 раза выше, чем у препрегов для любой степени наполнения. Исключение составляют значения для модулей упругости. При растяжении модуль упругости при низких значениях степени наполнения для премиксов в 1,5 раза выше, а при степени наполнения 40% мас. – уже в 2,2 раза. Для модуля упругости при изгибе наблюдается обратная зависимость: при низких значениях степени наполнения модули различаются в 2,5 раза, а при степени наполнения 40% мас. – в 1,5 раза.

Низкие значения механических характеристик для препрегов объясняются недостаточной гомогенизацией и пропиткой волокнистой составляющей в материале.

Разрушение образцов (рис. 3) происходило хрупко в местах скопления более коротких волокон отходов стеклопластиков или значительного скопления мелкодисперсного минерального наполнителя, что свидетельствует о неравномерном распределении наполнителя по объему и его агломерации при смешении с жидким связующим.

**Анализ результатов эксперимента.** Из результатов исследований можно предположить, что данные материалы целесообразно перерабатывать для последующего использования в различных слабонагруженных деталях и неотчетственных конструкциях для экономии. Таким образом, проведенные исследования показывают возможность замены первичного рубленого стекловолокна на стекловолокнистые отходы при производстве полиэфирных премиксов и изделий на их основе.



Рис. 3. Вид хрупкого разрушения образцов из вторичного пресс-материала

Наполнитель, оставшийся после выжигания композиционного материала, изучали под микроскопом, замеряли выборочно длину всех волокон и строили гистограмму распределения по размерам. Анализ результатов показывает, что в результате смешения и последующего прессования пресс-материалов происходит измельчение стекловолокнистого наполнителя. Исходное наиболее часто встречающееся значение волокон – 10–13 мм, конечное – 3,5 мм для премиксов и 5,5 мм – для препрегов. Уменьшение длины составляет примерно в 3 и 2 раза соответственно.

Уменьшение длины армирующих волокон неизбежно приведет к снижению физико-механических характеристик получаемых материалов по сравнению с прогнозируемыми параметрами. Обобщенные результаты экспериментального определения механических свойств вторичных пресс-материалов представлены в таблице.

## Литература

1. Панфилов Б. В. Композиционные материалы: производство, применение, тенденции рынка // Полимерные материалы. 2010. № 2–3. С. 40–43.
2. Шаповалов В. М., Тартаковский З. Л. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов / под общ. ред. Ю. М. Плескачевского. Гомель: ИММПС НАН Беларуси, 2003. 262 с.

Поступила 21.02.2014