

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Г. К. Корнеевец, Д. А. Вайнер, Ф. А. Карчевский

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: Ю. М. Кривогуз, И. В. Царенко

Исследованы механические характеристики полимерных композиционных материалов на основе полипропилена (ПП), содержащие стекловолокно. Установлено, что введение добавки 10 мас. % функционализированного полипропилена (ФПП) в стеклонаполненный ПП способствует росту комплекса показателей его механических свойств. Отмечено, что достигаемый эффект повышения прочности при растяжении до 1,74 раза по сравнению с исходным ПП зависит от типа добавки ФПП и более явно выражен для высокоиндексных модификаций ФПП.

Ключевые слова: стекловолокно, полимерные композитные материалы, полимеры, механические свойства, полипропилен, стеклопластик.

По мнению экспертов [1, 2] в обозримом будущем доминирующая роль будет принадлежать волокнонаполненным (и, прежде всего, стеклонаполненным) термопластам, огнестойким пластикам и материалам на базе смесей разнородных полимеров.

Полимерные стекловолокниты отличаются от других композиционных материалов конструкционного назначения сочетанием высокой прочности, сравнительно низкой плотности, теплопроводности, хороших электроизоляционных свойств, доступности и низкой стоимости упрочняющего наполнителя.

При создании волокнонаполненных полимерных композиционных материалов (ПКМ) следует учитывать, что сильное влияние на уровень показателей свойств оказывают геометрические параметры стекловолокна (СВ) (отношение длины к диаметру), степень воздействия тепловых и силовых факторов на полимерный расплав при компаундировании и переработке ПКМ, состав полимерной матрицы, степень термических макромолекулярных превращений при компаундировании и переработке и др.

При получении стеклоармированных ПКМ наиболее пристальное внимание уделяется вопросам, связанным с физико-химическими явлениями на границе раздела поверхности волокна с многокомпонентными полимерными матрицами (на базе смесей разнородных полимеров), а также композитам, в которых СВ сочетаются с другими типами наполнителей.

Цель данной работы – исследовать свойства ПКМ на основе стеклонаполненного полипропилена (ПП), оценить перспективность его применения для изготовления деталей машиностроения.

Для получения стеклонаполненного ПКМ использовали СВ марки ЕС13-2400Т-54С с диаметром моноволокон 13 мкм, ПП марки Бален 01030 (производства ОАО «Уфаоргсинтез», ТУ 2211-074-05766563-2005), в качестве модифицирующей добавки использовали функционализированный полипропилен (ФПП), который соответствовал требованиям ТУ РБ 400084698.072-2003 и был получен по технологии реакционной экструзии, разработанной в ИММС НАН Беларуси.

Композиты полипропилена (ПП) с СВ и с функциональным полипропиленом получали на экструдере «ТSSK-35/40» (рис. 1) при температуре 240 °С. В процессе производства использовали спиральный загрузчик для подачи материалов в экструзию.

дер, с помощью которого материалы равномерно выдавливаются, расплавляются и пластифицируются в экструдере в полосы материала, выходящие из головки машины. После дегазации и фильтрации (гидравлической смены сита) полосы материала охлаждались в резервуаре для воды, сушились в сушилке с мощным воздушным потоком и нарезались на гранулы (рис. 2, *а*).

Ударную вязкость по Шарпи стеклонаполненных композитов на базе ПП (рис. 2, *б*) определяли на образцах в виде брусков размером $80 \times 10 \times 4$ мм с без надреза (ГОСТ 4647). Использовали маятниковый копер «PIT 550J» (фирма «Shenzhen Wance Testing Machine Co. Ltd.», КНР).



Рис. 1. Экструдер «TSSK-35/40»



а)

б)

Рис. 2. Продукты с содержанием стеклопластика:
а – гранулы стеклонаполненного полиамида; *б* – отлитые бруски
из смеси стекловолокна и полиамида

В результате испытания было установлено, что введение добавки 10 мас.% ФПП в стеклонаполненный ПП способствует росту комплекса показателей его механических свойств. Достижимый эффект повышения прочности при растяжении (σ_p) до 1,74 раза по сравнению с исходным ПП зависит от типа добавки ФПП и более явно выражен для высокоиндексных модификаций ФПП (см. таблицу).

При использовании высокоиндексных модификаций ФПП почти в 2,5 раза возрастают значения модуля упругости при растяжении (E_p) ПП/СВ композитов. Введение 10 мас. % ФПП в стеклонаполненный ПП позволяет увеличить ударную вязкость

в 1,80–2,68 раза по сравнению с исходным ПП. В результате могут быть получены композиционные материалы со сбалансированным сочетанием эксплуатационных свойств: высокими прочностью, жесткостью и стойкостью к ударным воздействиям.

Следует отметить, что значения вязкости стеклоармированных ПП композитов отличаются незначительно и имеют относительно низкую величину. Вероятной причиной потери текучести стеклоармированными ПП композитами может быть адсорбционное взаимодействие макромолекул ПП с поверхностью СВ, что способствует росту вязкости расплава.

**Показатели механических свойств композитов на основе ПП 01030,
наполненного 30 мас. % СВ**

Материал	σ_p , МПа	ϵ_p , %	E_p , ГПа	a_p , кДж/м ²	ПТР, г/10 мин ($D_k = 1,18$ мм)
ПП 01030/СВ – 30 %	$35,0 \pm 0,3$	4,5	3,1	5,0	1,9
ПП 01030/ФПП – 10 %/СВ – 30 %	$61,0 \pm 0,4$	2,2	7,7	12,8	1,3

Работы в области ПКМ, содержащих в качестве наполнителя стекло- и углеволокна, весьма актуальны для Беларуси, поскольку данные волокна в промышленном масштабе производятся в ОАО «ПолоцкСтекловолокно» и «СветлогорскХимволокно».

ОАО «Полоцк-Стекловолокно» специализируется на выпуске стекловолокна типов «Е», «S-2», «С», являющегося важнейшим наполнителем для ПКМ, и изделий на его основе: стеклонитей, стеклоровингов, стеклотканей, стеклосеток, стеклохолстов. Производственные мощности рассчитаны на выпуск 35 тыс. т в год непрерывного стекловолокна и изделий из него, в том числе стеклоровинга и рубленого стекловолокна, используемых в качестве наполнителей для полимерных композитов.

Рынок стеклопластиковых изделий переживает значительный рост, и ожидается, что это направление будет развиваться и в будущем. Рост спроса на стеклопластик в различных отраслях, развитие новых областей применения и экологические аспекты использования этого материала – все эти факторы повлияют на развитие рынка в ближайшие годы. Ожидается, что стеклопластик будет играть важную роль в создании более экологически чистой и эффективной экономики, и его применение будет расти в различных секторах экономики. Компании, которые способны предложить инновационные решения на основе стеклопластика, будут иметь конкурентное преимущество на этом растущем рынке.

Л и т е р а т у р а

1. Песецкий, С. С. Полимерные композиты многофункционального назначения: перспективы разработок и применения в Беларуси (обзор) / С. С. Песецкий, Н. К. Мышкин // Полимерные материалы и технологии. – 2016. – Т. 2, № 4. – С. 6–29. – DOI 10.32864/polymmattech-2016-2-4-6-29
2. Кривогуз, Ю. М. Влияние функционализированных полиолефинов на структуру и свойства смесевых материалов на основе алифатических полиамидов / Ю. М. Кривогуз, О. А. Макаренко, С. С. Песецкий // Реактив-2018 : тез. докл. XXXI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 2–4 окт. 2018 г. / Ин-т химии новых материалов НАН Беларуси ; редкол.: В. Е. Агабеков [и др.]. – Минск, 2018. – С. 61.
3. Горячкина, К. В. Полипропилен, как современный полимерный материал / К. В. Горячкина // Приоритетные научные направления: от теории к практике. – 2016. – № 33. – С. 169–172. – EDN XBJXMV.