

А. Н. Даутова, В. В. Янов, Л. А. Зенитова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Ключевые слова:* Стеклонаполненный полиэфирэфиркетон, полисульфон, полиамид.

*В статье рассмотрены композиционные материалы на основе полисульфона, полиамида и полиэфирэфиркетона, наполненные стекловолокном. Исследованы электронные снимки поверхности разрушения образцов. Оценен комплекс физико-механических показателей и термостабильность поликомпозитивов.*

*Keywords:* Glass fiber polyetheretherketone, polysulfone, polyamide reinforced.

*In the article composite materials based on polysulfone, polyamide and polyetheretherketone filled with glass fiber are considered. The electron images of the fracture surface of the samples are investigated. The complex of physical and mechanical properties and thermal stability of polycomposites is estimated.*

### Введение

Основной потребитель медицинских изделий в России — государственные структуры. Они используют более 80% продукции. Остальными потребителями медицинских изделий являются частные медицинские лечебно-профилактические учреждения и граждане [1].

Первоочередная задача медицинской промышленности России — это обеспечение внутреннего рынка необходимой медицинской техникой и товарами медицинского назначения.

Согласно экспертным оценкам российские производители медицинской техники проигрывают в рыночной конкуренции не только крупнейшим мировым производителям, разрабатывающим новейшую инновационную медицинскую технику, но и производителям воспроизведенных медицинских инструментов и приборов для их производства из Китая и Индии.

Разработка и внедрение новых видов конструкционных материалов, главным образом — полимеров и полимерных композиционных материалов является одним из проявлений научно-технического прогресса [2], создает новые конкурентные преимущества и способствует развитию рынка РФ товарами и изделиями медицинского назначения.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования служили полисульфон ПСФ-190 и полиамид ПА производства НИИ Пластмасс, г. Москва. В качестве наполнителя для полисульфона ПСФ-КС использовалось стекловолокно в количестве 25 % масс., для полиамида ПА-СВ стекловолокно в количестве 30% масс. Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК) производства фирмы Victrex наполняли измельченным стекловолокном в количестве 30% масс.

Определение прочности и относительного удлинения образцов при разрыве проводилось согласно ГОСТ 11262-80 на универсальной испытательной машине марки АИ-7000-М при скорости раздвижения зажимов 25 мм/мин. Твердость по Шору D оп-

ределялась по ГОСТ 24621-91 на дюрометре марки HD 3000, ударная вязкость по Шарпи по ГОСТ 4647-80 - на маятниковом копре марки GT-7045-MDL.

Распределение наполнителей в полимерной матрице оценивалось на приборе марки GT-505-CBD.

Поведение полимеров и их композиций в широком интервале температур исследовалось совмещенными методами DSC-TGA на приборе SDTQ 600 на воздухе со скоростью нагрева 3<sup>0</sup>С в минуту в температурном интервале 0 – 450<sup>0</sup>С и на приборе STA 6000 в среде азота со скоростью нагрева 4<sup>0</sup>С в минуту в температурном интервале 30 - 450<sup>0</sup>С.

Для определения температуры переработки выбранных материалов был сняты термомеханические кривые на приборе 402S1, позволяющие определить температуру расплава указанных композиций.

С целью определения морфологии композиционного материала были получены снимки поверхности разрушения стеклонаполненных образцов полиэфирэфиркетона, полисульфона и полиамида с помощью растровой электронной микроскопии на приборе РЭМ-100У. На рисунках 1-3 приведены электронные снимки исследуемых полимеров.

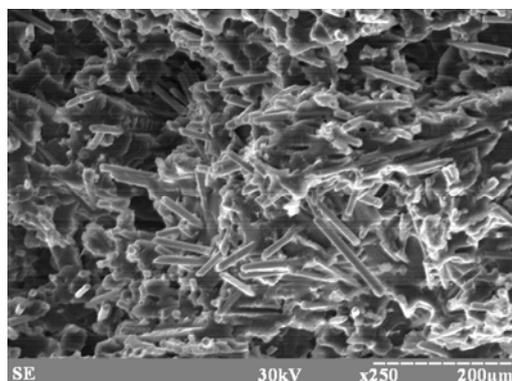


Рис. 1 - Микрофотография армированного стекловолокном полиэфирэфиркетона (наполнение стекловолокном 30 % мас.)x250

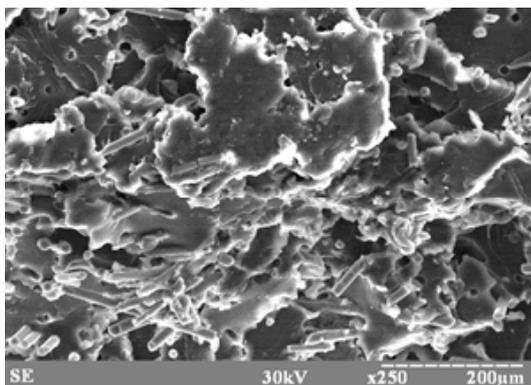


Рис. 2 - Микрофотография армированного стекловолокном полисульфона (наполнение стекловолокном 25% мас.)x250

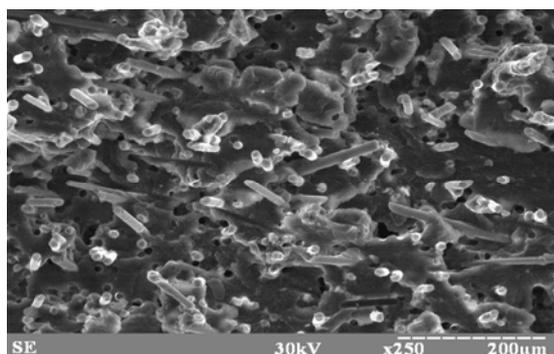


Рис. 3 - Микрофотография армированного стекловолокном полиамида (наполнение стекловолокном 30 % мас.)x250

### Обсуждение результатов

Как видно из данных рисунков 1-3 в случае композита на основе полиэфирэфиркетона рубленое волокно не агломерирует в отличие от композитов на основе полисульфона и полиамида. При этом в случае полисульфона агломерация наибольшая. Неравномерность распределения наполнителя должна проявиться при оценке физико-механических показателей.

Был оценен основной комплекс физико-механических показателей указанных материалов, приведенный в табл.1. Видно, что все полимеры обладают высоким комплексом показателей. Использование наполнения в виде стекловолокна в полисульфоне существенно на 56 % усиливает материал, а также повышает его твердость. Неожиданным является более низкая прочность у композита на основе полисульфона по сравнению с аналогом на основе полиамида. Это может объясняться несколько меньшим наполнением этого композита, а также высокой степенью агломерации наполнителя и неравномерностью его распределения в полимерной матрице. Наивысшим комплексом показателей обладает наполненный стекловолокном ПЭЭК.

Все исследуемые полимеры позиционируются как высокотемпературостойкие. С этой целью было исследовано поведение полимеров и их композиций в широком интервале температур совмещенным методом DSC-TGA. На рисунке 4 показана кривая TGA на примере стеклонеполненного полиамида.

Таблица 1 – Физико-механические показатели полимеров

Наименование показателя	ПСФ-190	ПСФ-КС (25%)*	ПА-СВ (30%)*	ПЭЭК (30%)*
Прочность при разрыве, МПа	78	122	153	185
Относит. удлинение при разрыве, %	15	3	4	4
Твердость по Шору D	82	85	82	86
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м <sup>2</sup> на образцах с надрезом	4	6	-	-

\* - наполнение стекловолокном по массе

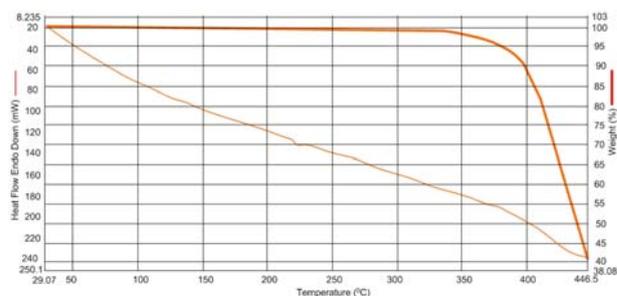


Рис. 4 – Данные термогравиметрического анализа стеклонеполненного полиамида

Исследование потери массы и тепловых эффектов образцов в инертной среде дает нам возможность выявить процессы, проходящие при нагревании без участия кислорода, то есть охарактеризовать термическую устойчивость химических связей в полимере. То же исследование, но на воздухе характеризует процессы, проходящие с участием кислорода воздуха, то есть прогнозируют поведение полимеров при высоких температурах переработки и эксплуатации. Сравнение зависимости потери массы от температуры показана в таблице 2.

Таблица 2 - Зависимость потери массы композитов от температуры в различных средах

Материал	Среда	Потеря массы		
		0,5%	1%	2%
Температура, °C				
ПСФ-190	инертная	400	430	> 430
	в присут. O <sub>2</sub>	275	395	429
ПСФ-КС (25%)	инертная	372	400	> 400
	в присут. O <sub>2</sub>	206	348	407
ПА-СВ (30%)	инертная	283	332	353
	в присут. O <sub>2</sub>	75	116	282
ПЭЭК (30%)	инертная	409	456	> 456
	в присут. O <sub>2</sub>	343	427	> 427

Видно, что во всех случаях потеря массы образцов закономерно наступает раньше в случае присутствия кислорода. Однако для всех образцов она начинается при температурах выше 280<sup>0</sup>С и незначительна (0,5-2%). Этот факт говорит о высокой термостойкости исследуемых композитов. Наиболее термостойким среди используемых образцов является стеклонаполненный полиэфирэфиркетон. Наименьшей стойкостью к действию высоких температур обладает композит на основе ПА. Так незначительная потеря массы 0,5 % начинается уже при 75<sup>0</sup>С. Вероятно этот образец сорбировал на своей поверхности большое количество влаги, которая начинает улетучиваться при этой температуре.

С целью повышения термической устойчивости композитов в дальнейшем следует использовать стабилизаторы термоокислительной деструкции.

Обращает на себя внимание тот факт, что температуры потери массы стеклонаполненного по-

лисульфона наступает раньше по сравнению с ненаполненным аналогом. По-видимому, в процессе изготовления стеклонаполненного образца в отсутствие термостабилизаторов идут деструктивные процессы, приводящие к снижению прочностных характеристик.

Полученные результаты дают возможность предположить, что выбранные полимеры могут служить матрицей для изготовления композиционного материала высокой прочности.

#### Литература

1. А.Н. Даутова, В.В. Янов, Л.А. Зенитова. Вестник Казанского технологического университета, 8, 87-92 (2012).
2. А.Н. Даутова, В.В. Янов, Е.А. Сергеева, Л.А. Зенитова, И.Ш. Абдуллин. Вестник Казанского технологического университета, 15, 16, 88-91 (2012).

---

© А. Н. Даутова – асп. каф. технологии синтетического каучука КНИТУ, alsu\_5572@mail.ru; В. В. Янов - к.т.н. доцент той же кафедры, vladyanoff@yandex.ru; Л. А. Зенитова - д.т.н. проф. каф. технологии синтетического каучука КНИТУ, zenit@kstu.ru.