



ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ КОМБИНИРОВАННОГО НАПОЛНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

Ушканов А.А., Слепцова С.А.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 58, Белинского, Якутск, 677000, Россия, alexanderushkanov@mail.ru, ssard@yandex.ru

Целью работы является исследование свойств полимерных композиционных материалов (ПКМ) комбинированного наполнения на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), содержащие в качестве наполнителей углеродные волокна (УВ) или базальтовые волокна (БВ)

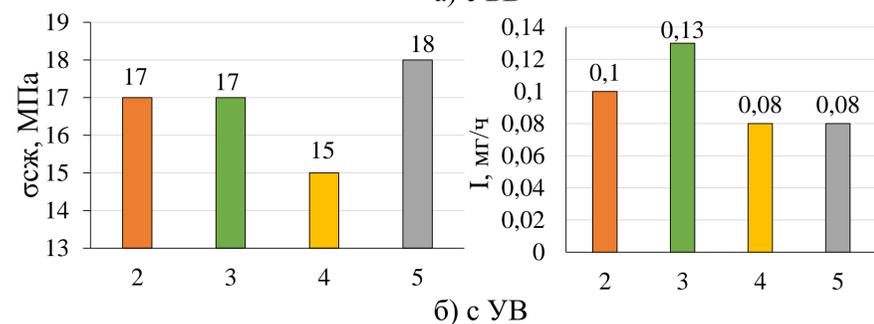
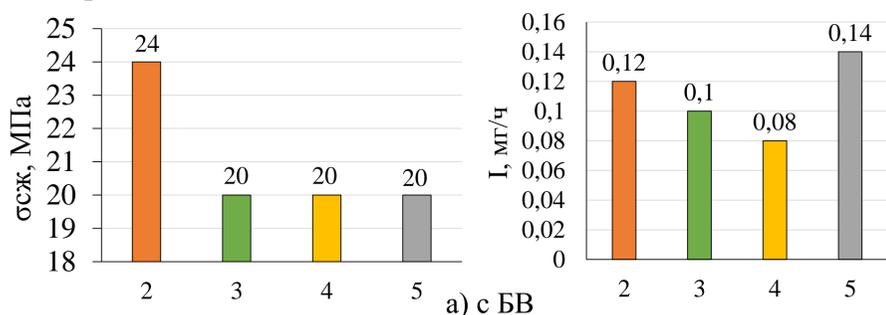
	Методика	Оборудование
Физико-механические свойства	ГОСТ 4651-2014, ГОСТ 18917-2014	Испытательная машина «AUTOGRAPH» (Shimadzu, Япония), Рабочий стенд
Триботехнические характеристики	Массовый износ	UMT-3 (CETR, США)
Термодинамические параметры	Энтальпия плавления, Энтропия плавления	DSC 204 F1 Phoenix Netzsch (Германия)
Рентгеноструктурный анализ	Метод порошковой рентгеновской дифрактометрии	ARL X'TRA фирмы Thermo Fisher Scientific (Швейцария).

Объектами исследования служили ПТФЭ и композиты на его основе:

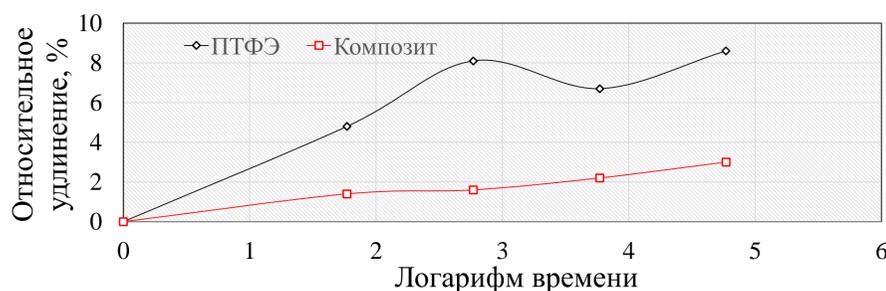
№ обр.	Содержание наполнителей, мас. %		
	БВ/УВ	ФОРУМ®	α -Al ₂ O ₃
1	Исходный ПТФЭ		
2	18	-	-
3	18	2	-
4	18	-	0,5
5	18	2	0,5

Исследование физико-механических и триботехнических характеристик

Зависимости прочности при сжатии ($\sigma_{сж\text{ исх.}}=13$ МПа) и скорости массового изнашивания ($I_{исх}=120$ мг/ч) от содержания наполнителей:



Несмотря на то, что композиты с БВ имеют примерно одинаковый уровень характеристик с УВ, они являются более предпочтительными, в плане того, что они имеют низкую стоимость и требуют низкого энергопотребления производства.

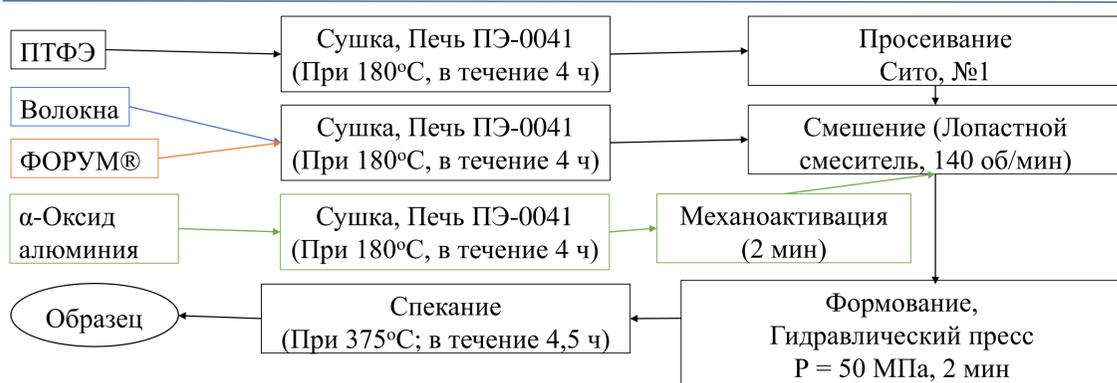


Для исследования ползучести в качестве объекта был выбран композит с содержанием БВ и α -Al₂O₃.

Заключение

Результаты исследования показали, что использование наполнителей различной природы в определенном сочетании приводит к значительному улучшению свойств композитов на основе ПТФЭ. Показано, что при введении комплекса наполнителей в ПТФЭ свойства деформационной прочности композитов увеличивается на 40-50%, чем исходный ПТФЭ. Наблюдается увеличение износостойкости композитов почти до 1500 раз по сравнению с чистым полимером. Обнаружено, что композит с содержанием БВ и α -Al₂O₃ обладает меньшей ползучестью в 2,8 раза, чем ПТФЭ. Композит, армированный БВ с улучшенными характеристиками, является хорошей альтернативой для получения более легких и более экологически чистых материалов будущего поколения.

Технологическая схема получения ПКМ на основе ПТФЭ



Исследование термодинамических параметров

№ обр.	$\Delta H_{пл}$, Дж/г		$T_{пл}$, К		$\Delta S_{пл}$, Дж/г		α , %	
	БВ	УВ	БВ	УВ	БВ	УВ	БВ	УВ
1	30,87		606		0,050		37,65	
2	41,09	34	607,8	605	0,067	0,056	50,1	41,47
3	40,03	32,15	607,1	605,5	0,065	0,053	48,82	39,21
4	42,81	35,33	607,4	605,3	0,070	0,058	53,1	43,08
5	43,54	27,76	607,9	605	0,071	0,045	52,21	33,85

Примечание: $\Delta H_{пл}$ -энтальпия плавления; $T_{пл}$ -температура плавления; $\Delta S_{пл}$ -энтропия плавления; α -степень кристалличности.

Механическая активация способствовала уменьшению размеров частиц α -Al₂O₃ в 4 раза

Введение наполнителей увеличивает энтальпию плавления ПКМ, особенно существенно в случае использования активированного α -Al₂O₃. Это связано с-повышением поверхностной активности наполнителей в результате механоактивации, что обусловило повышение адгезионного взаимодействия на границе раздела фаз.

Исследование степени кристалличности

№ обр.	Содержание наполнителей, мас. %			α , %	
	Волокна	ФОРУМ®	α -Al ₂ O ₃	БВ	УВ
1	Исходный ПТФЭ			63,39	
2	18	-	-	76,74	76,64
3	18	2	-	83,99	69,27
4	18	-	0,5	72,34	74,70
5	18	2	0,5	74,21	75,94

Для оценки степени кристалличности композита, влияющей на прочность материала и его физико-механические свойства, был использован метод рентгеноструктурного анализа. Увеличение степени кристалличности позволяет предполагать, что происходит изменение структуры полимерной матрицы, то есть формируется наиболее упорядоченная и плотноупакованная кристаллическая структура.