

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

И. М. Крижевский

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

Научный руководитель И. В. Агунович

В Республике Беларусь в силу ее малой энерго- и материалообеспеченности всегда была необходимость в современных материалах с новым комплексом свойств. Одним

из самых многочисленных, разнообразных и многообещающих видов материалов являются полимерные композиционные материалы (ПКМ). Разработка новых полимерных композитов (ПК) интересна с той точки зрения, что невысокая стоимость и коммерческая доступность термопластичных полимеров и металлических наполнителей (особенно, когда они являются отходами производства); возможность использования традиционных технологий и оборудования для получения ПК обеспечивают высокую экономичность их производства и внедрение этих материалов в машиностроение.

В ходе работы исследовались фрикционные композиты на основе фенолформальдегидных смол с металлическими наполнителями. Массовая доля металлических наполнителей в композите составляет 15 %.

Целью работы является исследование влияния структуры на трибологические характеристики фрикционных полимерных композитов.

Методика испытаний. Механические испытания проводили на машине Instron 5567. Трибологические испытания проводились на машинах трения И-32 и 2070 СМТ-1. Исследование структуры проводилось на металлографическом микроскопе «МЕТАМ РВ-22».

Результаты работы. Упрочнение фрикционных композитов на основе фенолформальдегидных смол осуществлялось металлическими наполнителями – со сферической формой частиц и короткой фиброй игольчатой формы, ориентированной в пространстве случайным образом. По расположению компонентов такая структура является анизотропной в макрообъеме всего изделия, схема армирования – хаотичная, как и ориентация армирующих элементов относительно матрицы (рис. 1). По характеру распределения компонентов – статистическая смесь.

Три основных параметра определяют структуру композитов с дисперсными наполнителями: содержание наполнителя в матрице; размер и форма частиц наполнителя; межфазное взаимодействие.



Рис. 1. Полимерный композит с наполнителем Фибра 6 после испытаний на машине трения

1. Содержание наполнителя в матрице. При наличии достаточно прочной связи на границе раздела «матрица–наполнитель», когда матрица не является хрупкой, предел текучести ПКМ увеличивается с ростом массового содержания наполнителя, но уже при относительной степени наполнения сверх 0,2–0,3 возникающие при трении перенапряженные области вокруг частиц начинают перекрываться, что облегчает разрастание трещин, и прочность такого полимера резко снижается, поэтому в нашем случае у всех рассматриваемых образцов содержание наполнителя выбрано одинаковым (15 %). При увеличении массового содержания выше 30 % связующего становится недостаточно для заполнения пространства между частицами, и в ПКМ возрастает пористость.

2. Размер частиц дисперсной фазы. Размер частиц дисперсной фазы в исследуемых образцах (см. таблицу) колеблется в широких пределах.

Металлические наполнители для полимерных композиционных материалов

Наименование наполнителя	Номер образца	Форма частиц наполнителя	Размер частиц наполнителя
Бр.НФ2-1	1	Сферическая	63–100 мкм
Фибра 2	2	Волокнистая	2 мм
Фибра 6	3	Волокнистая	6 мм

Форма частиц изменяется от сферической с гладкой поверхностью до предельно анизометричной (при армирующих волокнах – фибре).

С уменьшением размера частиц резко возрастает их общая удельная поверхность, резко растет число частиц при том же объемном содержании, а значит, уменьшается расстояние между частицами наполнителя в ПКМ и возрастает их способность к образованию агломератов. Увеличение удельной поверхности наполнителя означает увеличение межфазной поверхности в ПКМ.

Существенной отрицательной особенностью является нежелательное «загущение» фрикционного композита. При введении наполнителя, склонного к агломерации (фибра), уже при малом его содержании резко возрастает вязкость расплава, происходит рост остаточных напряжений, что приводит к неравномерности деформации и снижению механических свойств образцов.

Рассмотрим полученную диаграмму сжатия образцов (рис. 2). Очевидно, что максимальные сжимающие напряжения выдержал образец, менее способный к агломерации (со сферическим наполнителем).

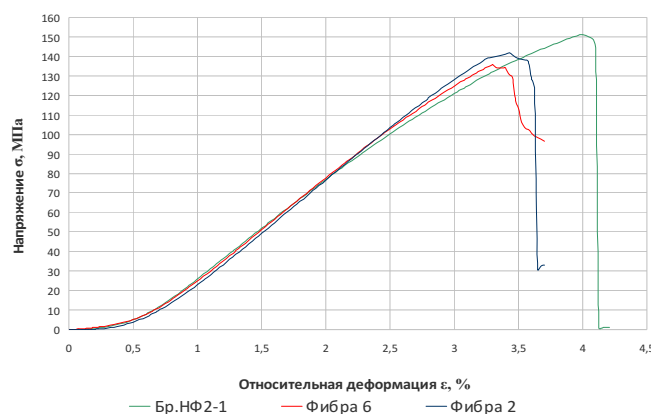


Рис. 2. Диаграмма сжатия

3. Межфазное взаимодействие. Межфазный слой, как правило, существенно отличается от матричной фазы по составу, поскольку он вбирает в себя различные включения связующего и поверхности наполнителей (армирующих волокон). Граница раздела фаз очень часто является наиболее слабым местом материала, и именно здесь начинается разрушение, как при механических нагрузках, так и при других воздействиях, например, под влиянием воды.

На основании результатов трибологических испытаний получены экспериментальные зависимости коэффициента трения и линейного износа (рис. 3, 4).

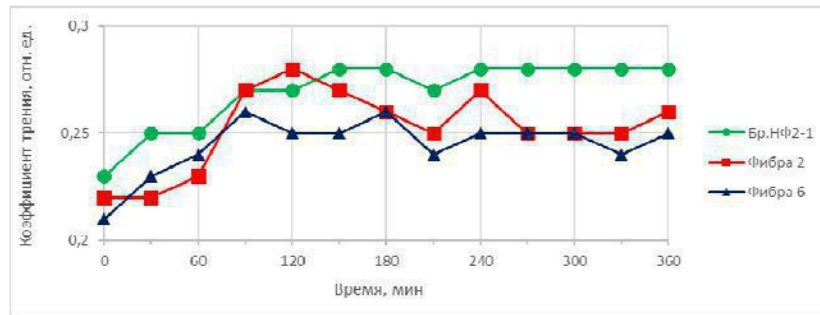


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от длительности испытания

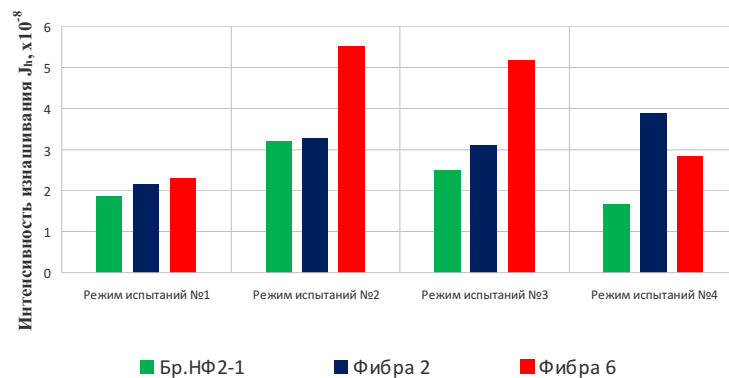


Рис. 4. Интенсивность изнашивания ПК при различных режимах испытаний

Стабильность коэффициента трения композитов, наполненных фиброй 2 и фиброй 6, меньше, чем у композитов, наполненных Бр.НФ2-1.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Оптимальная массовая доля металлических наполнителей в исследуемых композитах составляет 15 %. При увеличении массового содержания выше 30 % связующего становится недостаточно для заполнения пространства между частицами, и в ПКМ возрастает пористость.

2. Максимальные сжимающие напряжения выдерживают образцы, менее способные к агломерации (со сферическими наполнителями).

3. Композиты, наполненные сферическими металлическими частицами, обладают наибольшим коэффициентом трения и максимальной износостойкостью по сравнению с другими исследованными фрикционными композитами.

4. Стабильность коэффициента трения композитов, наполненных фиброй 2 и фиброй 6, меньше, чем у композитов, наполненных Бр.НФ2-1.

5. Таким образом, для узлов трения полимерные композиционные материалы лучше модифицированы сферическими частицами из Бр.НФ2-1 без использования крупнодисперсных наполнителей типа «фибра», так как это приводит к снижению прочностных характеристик композитов и коэффициента трения.