

**ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Приводятся результаты триботехнических испытаний фрикционных композиционных материалов с различной концентрацией связующего, зависимости коэффициента трения от скорости скольжения и контактной нагрузки, а также результаты испытаний на интенсивность изнашивания материала и контртела. Дан сравнительный анализ триботехнических характеристик.

**В** современных тормозных системах применяются различные фрикционные материалы, такие как чугун, фрикционные асболополимеры и другие композиционные материалы с полимерной матрицей, металлокерамика, спеченные фрикционные материалы на основе порошков различных металлов. Однако все возрастающие требования по энергонагруженности тормозных устройств постоянно стимулируют исследования по созданию новых типов фрикционных материалов с более высокими эксплуатационными характеристиками [1].

С точки зрения структурной организации фрикционные материалы с полимерной матрицей – это композиционные материалы, состоящие из различных многофазных систем, где одной из непрерывных фаз (матрицей) является органический полимер или смесь полимеров. Качество фрикционных материалов (далее – ФМ) во многом определяется термостойкостью и термомеханической прочностью матричного полимера. Фрикционные композиты содержат армирующие наполнители, как правило, высокопрочные и высокомодульные волокна, упрочняющие полимерную матрицу; компоненты, улучшающие теплофизические свойства, в первую очередь, увеличивающие теплоемкость и теплопроводность материала; микро-размерные дисперсные модификаторы трения, обеспечивающие требуемые триботехнические характеристики; структурные пластификаторы, способствующие снижению жесткости полимерной матрицы; ингибиторы коррозии, противозадирные и некоторые другие целевые добавки [2].

В промышленном производстве ФМ используется около ста минеральных, органических, синтетических и металлосодержащих веществ. Современные ФМ – это сложные гетерогенные системы, состоящие из 12–25 компонент, которые в совокупности обеспечивают комплекс уникальных свойств для использования материалов в экстремальных условиях эксплуатации.

В настоящее время получено множество фрикционных композиционных материалов. Задача улучшения триботехнических характеристик посредством оптимизации состава этих материалов остаётся актуальной.

**Материалы и методика исследования.** Для исследования и сравнения триботехнических характеристик были выбраны фрикционные компо-

зиционные безасбестовые материалы В1, В2. Материалы состоят из связующих – каучука, фенолформальдегидной смолы и наполнителей различного состава. Все вышеперечисленные фрикционные материалы содержат:

– армирующие наполнители, высокопрочные и высокомодульные волокна, упрочняющие полимерную матрицу;

– компоненты, улучшающие теплофизические свойства, увеличивающие теплоемкость и теплопроводность материала;

– микро-размерные дисперсные модификаторы трения, обеспечивающие требуемые триботехнические характеристики.

– структурные пластификаторы, способствующие снижению жесткости полимерной матрицы.

Материалы идентичны по составу, различается лишь концентрация связующего. Материал В1 содержит на 5 % больше фенолформальдегидной смолы и на 3 % больше каучука, чем материал В2.

Триботехнические свойства изучались на машине трения СМТ-1 по схеме “вал – частичный вкладыш”, контролируя коэффициент трения и износ вкладыша и вала при трении скольжения без смазочного материала. Вал был выполнен диаметром 40 мм из стали 45 (50 HRC). Триботехнические испытания проводили при переменной нагрузке  $p = 0,05 \dots 0,75$  МПа и скорости скольжения  $v = 0,15 \dots 0,75$  м/с.

**Анализ результатов исследования.** Из экспериментальных зависимостей, приведённых на рисунках 1 и 2, видно, что коэффициент трения обоих материалов снижается с увеличением скорости скольжения и контактной нагрузки. Материал В1 имеет значение коэффициента трения выше на всём интервале контактных нагрузок и скоростей скольжения. Так как материалы по составу идентичны, а концентрация связующего в материале В1 выше, то можно заключить, что увеличение процентного содержания связующего положительно влияет на плавное снижение коэффициента трения и его величину. Коэффициент трения на участке нагружения 0,1–0,8 МПа имеет линейную зависимость. Это объясняется тем, что с увеличением контактной нагрузки увеличивается температура, что способствует выделению графита из состава

фрикционного композита, который выступает как смазка.

Из рисунка 2 видно, что зависимость коэффициента трения от скорости скольжения резко уменьшается до точки 0,4 м/с, далее идёт стабилизация коэффициента трения. Резкое уменьшение коэффициента трения объясняется тем, что увеличение скоростей ведёт к быстрому увеличению температуры, которая уменьшает адгезионную составляющую коэффициента трения.

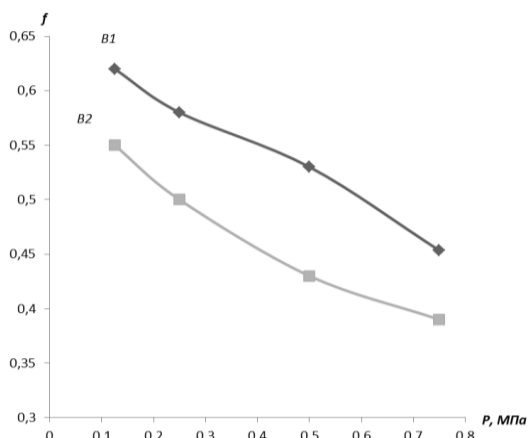


Рисунок 1 – Влияние контактной нагрузки на коэффициент трения при  $v = 1$  м/с

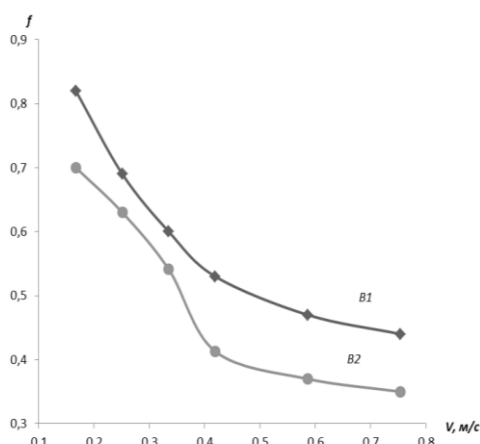


Рисунок 2 – Влияние скорости скольжения на коэффициент трения при  $p = 1$  МПа

Результаты испытаний на износ показаны на рисунке 3. Видно, что интенсивность изнашивания пары трения B2 – стальной ролик ниже. Для повышения износостойкости материала в фенолформальдегидные смолы вводят графит, дисульфид молибдена, фторопласт-4, порошки металлов

и оксидов, образующие на поверхности трения устойчивую плёнку переноса.

Эффективным методом повышения фрикционных характеристик для композиций такого типа является реализация термоактивационного эффекта.

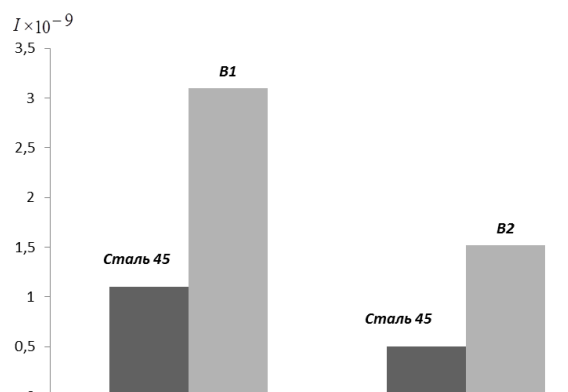


Рисунок 3 – Интенсивность изнашивания материалов

Суть эффекта заключается в образовании в зоне трения многокомпонентной пленки, состоящей из сухой смазки и металлополимера, который генерируется непосредственно в процессе трения, благодаря разложению под действием локальных температур введенной в состав композиции металлосодержащей соли [3].

**Выводы.** Установлено, что с увеличением скорости скольжения и контактной нагрузки коэффициент трения снижается для обоих материалов, причём значение коэффициента трения выше для материала B1.

Интенсивность изнашивания образца из материала B1 и стального ролика оказалась выше аналогичной пары трения с материалом B2.

Таким образом, можно сделать вывод, что увеличение содержания связующего в материале повышает значение коэффициента трения и приводит к плавному снижению его с усилением нагрузки.

#### Список литературы

- 1 Александров, М. П. Тормозные устройства в машиностроении / М. П. Александров. – М. : Машиностроение, 1965. – 350 с.
- 2 Балакин, В. А. Тепловые расчёты тормозов и узлов трения / В. А. Балакин, В. П. Сергиенко. – Гомель, 1999. – 220 с.
- 3 Зиновьев, Е. В. Физико-химическая механика трения и оценка асбодфрикционных материалов / Е. В. Зиновьев, А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 1978. – 435 с.

Получено 28.04.2011

#### S. A. Divak. Tribotechnicals descriptions friction materials.

Results tribotechnicals tests of new frictional composite materials with various concentration binding, dependences of factor of friction on speed of sliding and contact loading are resulted. As results of tests for intensity of wear process of a material and counter bodies are resulted. The comparative analysis tribotechnicals characteristics are resulted.