

## ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИТОВ

**И. М. Крижевский**

*Государственное научное учреждение «Институт механики  
металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси»,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

Научные руководители: М. Н. Верещагин, В. П. Сергиенко

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

Надежную и качественную работу современных механизмов и машин невозможно представить без использования тормозных и передаточных устройств, оснащенных фрикционными материалами. Основное назначение тормозных устройств – это диссипация механической энергии. До 95 % диссипируемой механической энергии преобразуется в тепло, локализованное на фрикционном контакте. Для эффективного теплоотвода и снижения тепловой нагруженности узла трения фрикционные композиты содержат различные теплопроводящие наполнители, например, металлы и их соединения.

Целью данной работы было исследование влияния металлических наполнителей, различного состава, размера и формы частиц на теплофизические свойства фрикционных композитов на основе фенолформальдегидных смол.

**Методика испытаний.** Исследовали модельные составы фрикционных композитов на основе фенолформальдегидных смол, минеральных и металлических наполнителей. Виды металлических наполнителей представлены в таблице.

### Металлические наполнители для фрикционных композитов

Наименование наполнителя	Максимальный размер частиц наполнителя	Форма частиц наполнителя
Fe-B	50 мкм	Сферическая
Медь	10 мкм	Сферическая
ВК6-Бронза	50 мкм	Сферическая
ВК6 (стружка крупнодисперсная)	1,5 мм	Чешуйчатая
Медная проволока	1,5 мм	Волокнистая
ВК6 (порошок мелкодисперсный)	10 мкм	Сферическая
Никелированная латунь	50 мкм	Сферическая

Триботехнические испытания проводились на машине трения И-32, схема испытаний «вращающийся диск – неподвижный индентор». Потерю массы определяли с использованием аналитических весов с допустимой погрешностью измерения не

более  $\pm 0,0001$  г. Испытания образцов проводились без смазочного материала. Режим испытаний на машине трения: давление на контакте – 0,27 МПа; линейная скорость скольжения – 7,25 м/с; длительность испытания – 240 мин.

Исследования теплофизических свойств проводились с использованием прибора LFA 447 NanoFlash производства NETZSCH. Данный прибор предназначен для исследования теплофизических свойств твердых материалов (металлы, керамики, полимеры и т. п.) в температурном интервале от 25 до 300 °С. Принцип действия измерителя LFA 447 основан на импульсном методе. В качестве образцов использовались цилиндры диаметром 25,4 мм и толщиной 1,5 мм, изготовленные методом горячего прессования.

**Полученные результаты.** К числу наиболее важных теплофизических характеристик относятся удельная теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность. На рис. 1–3 приведены результаты определения теплофизических свойств исследуемых составов фрикционных композитов.

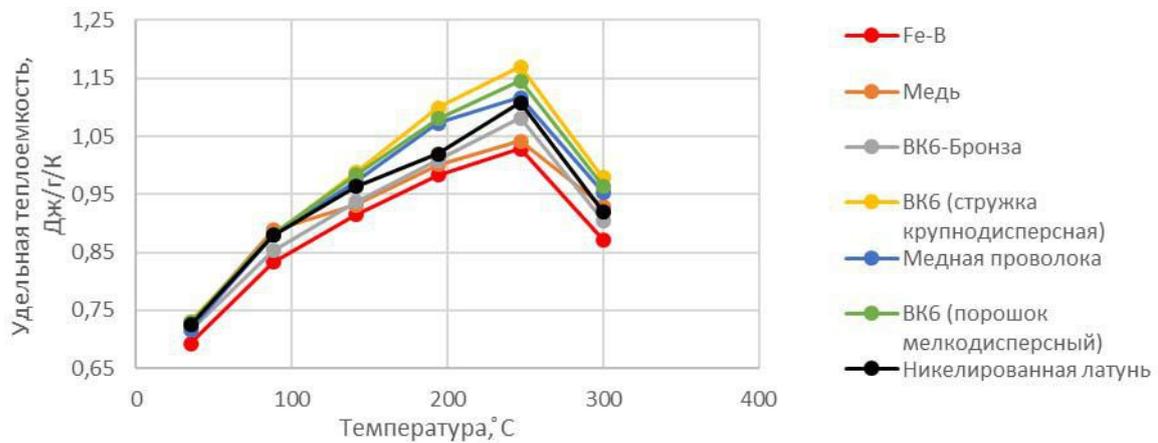


Рис. 1. Удельная теплоемкость исследуемых фрикционных композитов

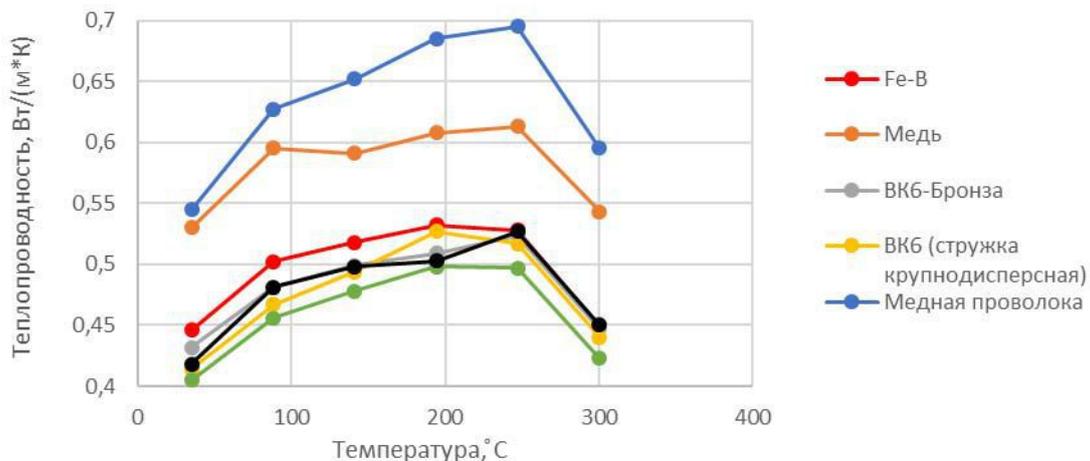


Рис. 2. Теплопроводность исследуемых фрикционных композитов

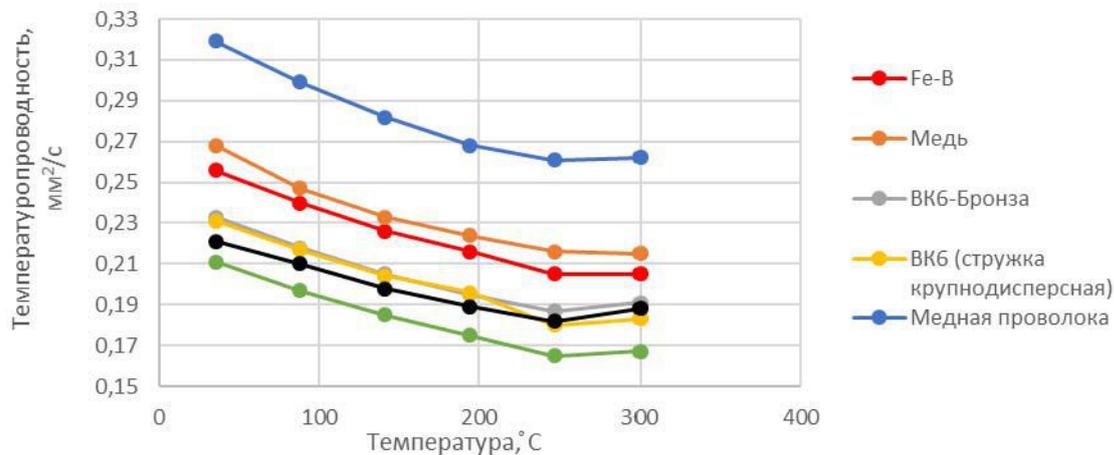


Рис. 3. Температуропроводность исследуемых фрикционных композитов

Теплопроводность ответственна за отвод тепла, выделяющегося в результате трения на рабочих поверхностях, вглубь фрикционного материала и определяет поверхностные температуры, а в конечном итоге – характеристики трения. Также от нее зависит равномерность распределения температуры по поверхности и передача теплоты в окружающую среду и к контактирующим с фрикционным материалом деталям и узлам тормоза. Теплоемкость, в свою очередь, определяет максимальное количество теплоты, которое фрикционный материал способен отвести из зоны трения.

Как видно из полученных результатов, максимальной теплопроводностью обладают фрикционные композиты с металлическими наполнителями из медной проволоки и медного порошка, соответственно.

По результатам триботехнических испытаний были получены зависимости коэффициента трения от времени испытаний (рис. 4), температуры от времени (рис. 5).

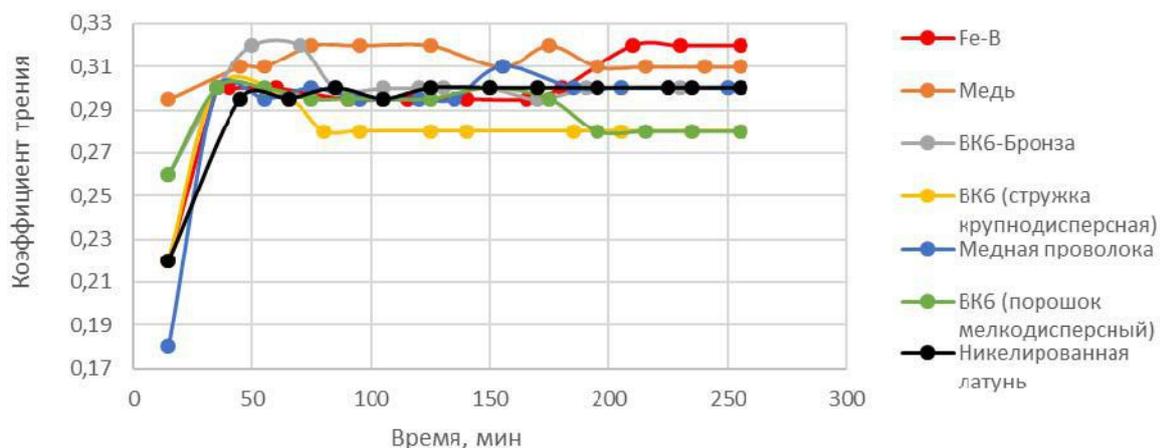


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения от времени испытаний

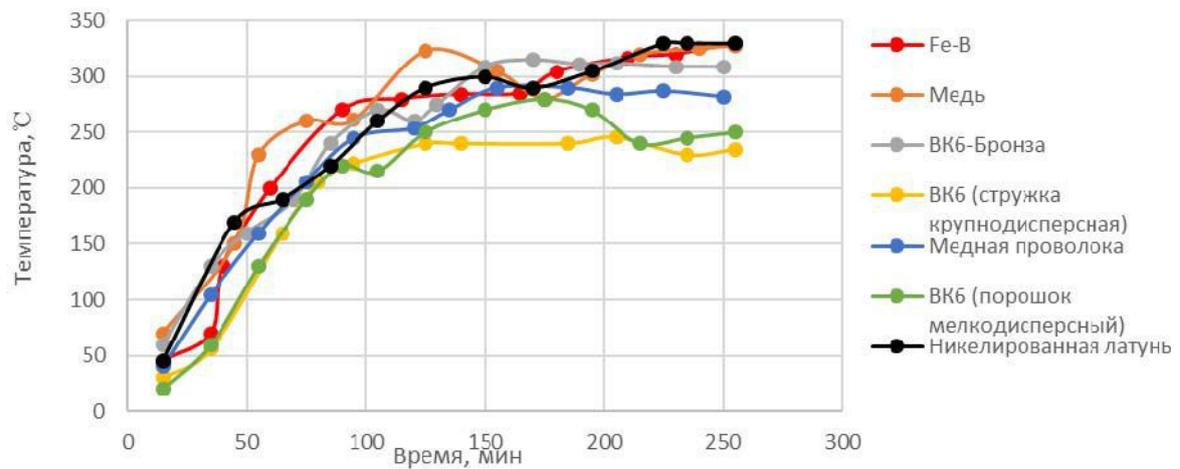


Рис. 5. Зависимость температуры образца от времени испытаний

**Заключение.** В ходе работы были установлены зависимости теплопроводности и удельной теплоемкости фрикционных материалов от металлических наполнителей. Также установлена связь между теплофизическими и трибологическими свойствами фрикционных материалов. Если взять во внимание то, что фрикционные композиционные материалы, как правило, содержат 10 и более компонентов, среди которых широко используются такие, как стеклоровинг, базальтовое волокно и т. п., обладающие высокой теплоемкостью, то приоритетным теплофизическим свойством для металлического наполнителя будет являться теплопроводность. Следовательно, использование крупнодисперсных металлических наполнителей с высоким коэффициентом теплопроводности будет оптимальным с точки зрения обеспечения оптимально тепловой нагруженности тормозного узла.