

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СОВМЕЩЕННОГО СВЯЗУЮЩЕГО

П. Н. БОГДАНОВИЧ, М. Ю. КОДНЯНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Н. БУРЦЕВ

Солигорский институт проблем ресурсосбережения
с опытным производством, Республика Беларусь

Улучшение триботехнических характеристик фрикционных материалов возможно путем совмещения фенолоформальдегидной смолы (ФФС) с каучуком. Последний играет роль пластификатора ФФС, снижает склонность композита к хрупкому разрушению и повышает коэффициент трения f по стали. Однако чрезмерная концентрация каучука ухудшает теплофизические свойства и износостойкость композита. Поэтому важно выявить закономерности влияния режимов нагружения и рецептурного состава на триботехнические характеристики композитов на основе совмещенного связующего.

Триботехнические характеристики материалов определялись на машине трения СМТ-1 по схеме вал – вкладыш. Контртело было изготовлено из чугуна в виде ролика наружным диаметром 40 мм и высотой 10 мм. Вкладыши вырезались в виде сегментов из колец высотой 10 мм, внутренним диаметром 40 мм, наружным – 60 мм. Площадь их поверхности трения составляла $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Исследовались композиты на основе совмещенного связующего, содержащего базальтовое волокно, бронзовый порошок, серу, адгезив и сажу. Композиты № 1 и 2 (на рисунках 1 и 2 кривые 1 и 2) содержали 26 масс. % ФФС, 6 масс. % каучука, 1,5 масс. % адгезива. Композит № 3 (на рисунках 1 и 2 кривая 3) состоял из 20 масс. % ФФС, 10,5 масс. % каучука и 2 масс. % адгезива. В композите № 2 базальтовое волокно заменено минеральным. Кривая 4 на рисунке 1 соответствует материалу на основе ФФС без каучука.

Расположение кривых 4 и 1–3 на рисунке 1 свидетельствует о том, что введение каучука в ФФС способствует стабилизации коэффициента трения композитов по чугуну. Слабая зависимость f от скорости скольжения v при $v > 0,7 \text{ м/с}$ обусловлена в основном конкуренцией двух факторов. Первый из них – с ростом скорости повышается температура в зоне трения, что приводит к снижению твердости композита и увеличению площади фактического контакта, а следовательно, и молекулярной составляющей $F_{\text{мол}}$ трения. Увеличивается при этом и глубина внедрения h выступов поверхности контртела в композит, повышающая механическую составляющую $F_{\text{мех}}$ трения. Вторым фактором является то, что при увеличении v время нахождения материалов в контакте уменьшается, что сопровождается уменьшением h и $F_{\text{мех}}$. Коэффициент трения по чугуну композита № 3 выше, чем композита № 1, что объясняется более высоким содержанием адгезива и каучука, которые повышают $F_{\text{мол}}$. Наиболее высокие значения f , характерные для композита второго состава связаны, по-видимому, с заменой базальтового волокна на минеральное.

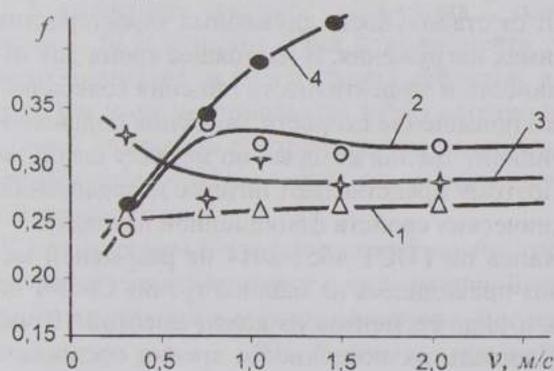


Рисунок 1 – Влияние скорости скольжения на коэффициент трения композитов по чугуну при $p = 1 \text{ МПа}$

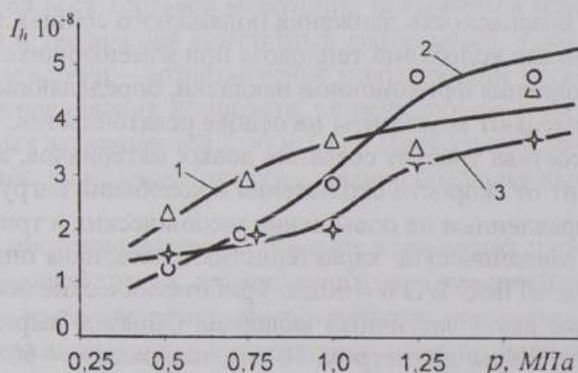


Рисунок 2 – Влияние контактного давления на линейную интенсивность изнашивания композитов при $v = 1,5 \text{ м/с}$

По износостойкости материалы на основе совмещенного связующего в $\sim 1,4-1,8$ раза превосходят материалы на основе чистого ФФС, поскольку введение каучука снижает склонность композита к хрупкому разрушению и, как следствие, повышает его сопротивление усталостному изнашиванию. Кроме того, каучук образует тонкую эластичную пленку на поверхности волокон и снижает внутренние напряжения на границе их раздела со связующим. Увеличение скорости скольжения сопровождается повышением интенсивности изнашивания композитов, что может быть связано с ростом температуры и снижением механических характеристик фрикционного материала (см. рисунок 2). Наибольшей износостойкостью обладает композит № 3 с повышенным содержанием адгезива (2 масс. %) и каучука (10 масс. %), которые повышают прочность и сопротивление композита усталости (кривая 3 на рисунке 2). Важно, что I_h этого композита слабо зависит от скорости скольжения.

Коэффициент трения всех композитов незначительно возрастает с увеличением нормальной нагрузки (контактного давления p). Так, в интервале $p = 0,5 \dots 1,6$ МПа f изменяется не более чем на 20 %. Однако при этом существенно изменяется интенсивность их изнашивания: повышение p в том же интервале сопровождается ростом I_h в 3–5 раз (см. рисунок 2). Влияние нагрузки на I_h связано с действием ряда факторов. В частности, при увеличении нагрузки возрастает коэффициент трения и, как следствие, увеличиваются наиболее опасные циклически повторяющиеся растягивающие напряжения за контактными площадками внедрившихся выступов. При этом температура в контакте повышается пропорционально давлению до 200–250 °С, что приводит к падению прочности, уменьшению модуля упругости и твердости композита и вызывает увеличение контактных деформаций поверхностного слоя и глубины внедрения выступов контртела. В результате возрастает интенсивность усталостного и абразивного изнашивания композитов.

Таким образом, наиболее износостойким и менее чувствительным к изменению нормальной нагрузки является композит № 3. Низкие значения I_h этого материала во всем интервале нагрузок обусловлены более высокими прочностными характеристиками и сопротивлением усталости. Стабильность коэффициента трения при изменении скорости скольжения и нормальной нагрузки у композитов на основе совмещенного связующего значительно выше, чем у композитов на основе чистого фенолоформальдегидного связующего.

УДК 621.891:629.4.077–592.59

ФРИКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ГАСИТЕЛЯ КОЛЕБАНИЙ ТЕПЛОВОЗА

П. Н. БОГДАНОВИЧ, М. Ю. КОДНЯНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Н. БУРЦЕВ

*Солигорский институт проблем ресурсосбережения
с опытным производством, Республика Беларусь*

Безопасность движения подвижного состава зависит от стабильности служебных характеристик гасителя колебаний тепловоза при изменяющихся режимах нагружения. В настоящее время для изготовления фрикционной накладки, определяющей плавность и эффективность гашения колебаний, применяют композиты на основе реактопластов. Однако повышение скорости движения подвижного состава требует создания новых материалов, коэффициент трения которых по металлу слабо зависит от скорости скольжения и колебаний нагрузки. Поэтому представляют интерес исследования, направленные на повышение механических и триботехнических свойств фрикционной накладки.

Механические характеристики материала определялись по ГОСТ 4651-2014 на разрывной машине «TIME WDW-100E». Триботехнические испытания проводилось на машине трения СМТ-1 по схеме вал – частичный вкладыш. Образцы вырезались в виде сегментов из колец высотой 10 мм, внутренним диаметром 40 мм, наружным – 60 мм. Площадь их поверхности трения составляла $2,0 \cdot 10^{-4}$ м². Контртело было изготовлено из чугуна в виде ролика наружным диаметром 40 мм и высотой 10 мм, а образцы – из композитов на основе фенолоформальдегидного связующего (ФФС), содержащих базальтовое волокно, бронзовые частицы и сажу. Для повышения прочности и износо-