

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДРЕЛЬСОВЫХ ПРОКЛАДОК*Ж. В. КАДОЛИЧ**Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, г. Гомель**Е. А. ЦВЕТКОВА**Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель**В. И. ИНЮТИН, С. С. КОЖЕДУБ, М. А. КРАСНОВ**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Бесстыковый путь широко эксплуатируется на главных и станционных путях сети железных дорог. Преимущество бесстыкового пути заключается в ликвидации рельсовых стыков на протяжении рельсовых плетей, что снижает затраты на текущее содержание пути. Экономия достигается также на ремонте и содержании подвижного состава. Расходы снижаются на тягу из-за уменьшения удельного сопротивления движению. Кроме того, улучшается комфортабельность езды пассажиров и снижается уровень шума в вагонах.

Контроль за угоном плетей бесстыкового пути осуществляется по смещению контрольных сечений рельсовой плети относительно «маячных» шпал. В качестве «маячной» шпалы выбирается шпала, расположенная напротив пикетного столбика. Расстояние от конца плети до первой «маячной» шпалы не должно превышать 60–95 метров, а верх концов «маячных» шпал с наружных сторон рельса за пределами креплений окрашивается яркой краской. «Маячная» шпала всегда должна быть хорошо подбита. При скреплениях КБ-65 закладные болты на ней должны быть затянуты, а типовые клеммы заменены клеммами с уменьшенной высотой ножек. Независимо от конструкции креплений резиновые или резинокордовые подрельсовые прокладки на «маячных» шпалах заменяются полиэтиленовыми или другими материалами с низким коэффициентом трения.

Целесообразно при разработке композиционного материала для прокладок на «маячные» шпалы использовать промышленные отходы и вторичный полиэтилен. В качестве исходного сырья были выбраны отходы кожевенно-обувных производств: обрезь юфти, кожи хромовой и микропористой резины. Процесс измельчения проводили на роторном измельчителе ИПР-300, в котором используются сепарационные решетки с диаметром отверстий 2,8; 4,0; 6,0 и 8,0 мм. На решетках с диаметром 2,8 и 4,0 мм получается фракция измельченного материала в пределах 0,2–1,2 мм и 1,2–2,5 мм соответственно. Использование решеток 6 и 8 мм позволяет получать фракции размером 2,5–5,0 и 3,5–6,5 мм соответственно.

В качестве связующего использовали вторичный полиэтилен, полученный путем измельчения на роторном измельчителе ИПР-300 тарных мешков, ленты и пленки, а также полиэтиленовой упаковки. Фракционный состав полимера находился в пределах 1,0–2,0 мм.

Смешивание предварительно измельченных юфти, кожи хромовой и микропористой резины с вторичным полиэтиленом производили в смесителе ОЦК-4 в течение 15–20 минут при комнатной температуре. Содержание вторичного полиэтилена в композиции варьировали в пределах 58–60 %.

Образцы материалов получали путем запрессовки композиций в обогреваемой прессформе с последующим их охлаждением под давлением до температуры 40–50 °С, которую предварительно определяли экспериментальным путем. Технологические режимы переработки материала: температура пресс-формы – 110–170 °С, время горячего прессования – 7–12 мин; давление прессования – 8–15 МПа. Определение оптимальной температуры переработки производили путем получения наилучшего показателя ударной вязкости композиционного материала. Так, при температуре переработки 110–130 °С ударная вязкость композиционного материала не превышает 2–28 кДж/м². Наибольшая ударная вязкость материала ($a = 30...34$ кДж/м²) достигалась при температуре его переработки 135–145 °С. При температуре свыше 145 °С начинается термодеструкция кожевенных отходов, что также приводит к резкому снижению ударной вязкости материала. Исследования показали, что разработанные композиционные материалы имеют коэффициент трения 0,1–0,12. В связи с этим интерес представляет изучение возможности применения в качестве подрельсовой прокладки композита из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) наполненного неорганическими микрочастицами.

Использование этого полимера основано на его широком применении в технике, в частности для высоконагруженных узлов трения. СВМПЭ прочен и стоек к ударным нагрузкам, а свойства сохраняются в широком интервале температур, т. к. при кристаллизации из расплава надмолекулярные образования оказываются связанными между собой «проходными» макромолекулами и физическими узлами (зацепление макромолекул).

По триботехническим характеристикам СВМПЭ близок к таким антифрикционным полимерам, как полиамиды и фторопласты. Предел текучести СВМПЭ соответствует 23 МПа, предел прочности – 40 МПа, относительное удлинение при разрыве – 500 %. Известно, что износостойкость СВМПЭ вдвое превышает все прочие марки полиэтилена, а значения коэффициента ползучести (коэффициент пропорциональности прямолинейного участка кинетической кривой ползучести) при длительных испытаниях на сжатие незначительно зависит от нагрузки и температуры, проявляя тенденцию к уменьшению с повышением температуры. Например, при нагрузке 10 МПа коэффициент ползучести СВМПЭ при 23 °С равен 2,0, а при 40 °С – 1,9.

Для изготовления образцов подрельсовых прокладок использовали СВМПЭ, наполненный твердым смазочным материалом – графитом марки С₁ и/или ферритом стронция (ФС). С целью закрепления неорганических частиц в полимерной матрице на поверхности частиц наполнителя механохимическим способом создавали активные центры. Активацию поверхности частиц наполнителя осуществляли путем механического измельчения в среде неорганической кислоты. Для ориентации частиц ФС вдоль поверхности трения образцы формировали в электромагнитном поле, так как наличие в зоне трения магнитного поля вдоль поверхности образца создает предпосылки для снижения коэффициента трения.

Проведенные исследования композиционного материала на основе СВМПЭ показали, что внесение в полимерную матрицу 0,01–0,2 мас. % неорганического наполнителя не оказывает существенного влияния на прочностные характеристики композита, однако даже столь незначительное количество неорганических частиц позволяет заметно повлиять на трибологические характеристики, такие как коэффициент трения и износостойкость.

Установлено, что в процессе изготовления изделий частицы графита, имеющие слоистую структуру, получают пространственную ориентацию. Это приводит к анизотропии свойств изделий во взаимно перпендикулярных направлениях. При введении свыше 5 мас. % графита в СВМПЭ резко снижаются его прочностные свойства. Это результат низкой адгезии на границе «СВМПЭ – графит», а также ограничения в подвижности надмолекулярных структур СВМПЭ поверхностью наполнителя. С целью устранения этого недостатка графит подвергали механохимической активации.

Результаты исследования показали, что в паре трения со сплавом СоСгМо такой материал демонстрирует невысокий коэффициент трения ($f = 0,04...0,07$) по сравнению с чистым СВМПЭ. В процессе приработки, когда интенсивно изнашиваются микровыступы контактирующих образцов, часть продуктов износа – частицы графита, ФС и полимера – остается в зоне контакта и вовлекается в процесс трения, а намагниченные частицы ФС локализируются в микрополостях зоны контакта. Более мелкие частицы графита заполняют пустоты в агломератах из частиц ФС. Частицы наполнителя, выступающие из СВМПЭ на поверхность трения, являются своеобразными распределителями напряжений. Благодаря этому уменьшается толщина перенапряженного поверхностного слоя полимерной матрицы. Через некоторое время в зонах концентрации напряжений на глубине 10 мкм в подповерхностном слое полимерного образца трения могут возникать микротрещины. Интенсивность изнашивания снижается в 1,5–2,1 раза, когда частицы ФС ориентированы в процессе формирования образцов по направлению трения. Уменьшение глубины залегания микротрещин обусловлено увеличением площади фактического контакта и изменением напряженного состояния поверхностного слоя за счет «третьего тела». Откалывание микронеровностей при динамическом нагружении полимерного композита приводит к меньшему повреждению поверхности трения, а следовательно, к снижению скорости изнашивания материала.

Изучение композитов на основе СВМПЭ в качестве подрельсовых прокладок позволяет существенно регулировать триботехнические свойства материала. Также в перспективе возможно рассмотрение и апробация такого материала в качестве амортизатора для «маячных» шпал железнодорожного пути.