

## ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ С УГЛЕРОДНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ И ПОЛИМЕРНЫМ СВЯЗУЮЩИМ

Астапчик С. А., Бондаренко С. Н.  
Физико-технический институт НАНБ,  
г. Минск, Беларусь, [phti@ns.igs.ac.by](mailto:phti@ns.igs.ac.by)

Васильев И. И., Кирий Н. Г., Шпилевский Э. М.,  
Шпилевский М. Э., Прокошин В. И.  
Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Беларусь, [shpilevsky@bsu.by](mailto:shpilevsky@bsu.by)

Цхоохуу Х., Шилагарди Г.  
Монгольский государственный университет,  
Улан-Батор, Монголия, [gshilagardi@yahoo.com](mailto:gshilagardi@yahoo.com)

Беянин А. Ф., Житковский В. Д.  
ЦНИИ «Техномаш»,  
г. Москва, Россия, [cniti.technomash@mtu-net.ru](mailto:cniti.technomash@mtu-net.ru)

Исследовались трибологические и механические свойства композиционных материалов, в которых наполнителями являлись фуллерен С<sub>60</sub>, терморасширяющийся графит (ТРГ) и углеродные волокна (УВ):

1. Полиэтилен высокого давления-фуллерен С<sub>60</sub> («ПВД-С<sub>60</sub>») с массовыми долями С<sub>60</sub> 0,17 % и 0,34 % (ПВД растворялся в насыщенном бензольном растворе С<sub>60</sub>, отливался в формы, высушивался);

2. «ПВД-ТРГ» с массовыми долями ТРГ 0,16%, 0,32%, 0,64 %, 1,28 % и 2,56 % (к бензольному раствору ПВД добавлялся ТРГ).

3. «Эпоксидная смола-ТРГ» с массовыми долями ТРГ 1 %, 2 %, 3 %, 4 % и 8 %.

4. «Эпоксидная смола-УВ» с массовыми долями УВ 1 %, 2 %, 3 %, 4 % и 8 %.

При исследовании трибологических свойств в качестве противотела использовался титановый стержень. Образцы «ПВД-Сво» имеют коэффициент трения 0,12...0,18. Образцы «ПВД-ТРГ» — 0,20...0,25, а образцы на основе эпоксидной смолы — 0,20...0,40. Энергетическая интенсивность (объемный износ при затрате единицы энергии) композиционных материалов в 1,5...3 раза меньше по сравнению с чистыми полимерами. Улучшение трибологических характеристик обусловлено структурированием полимеров, приводящим к повышению твердости. Низкий коэффициент трения у образцов, содержащих фуллерены С<sub>60</sub>, может быть объяснен изменением механизма трения с трения скольжения на трение качения.

Исследованные композиционные материалы с углеродными наполнителями обладают повышенной прочностью по сравнению с чистыми полимерами. Зависимость прочностных характеристик от массовой доли наполнителя немонотонна. Полученные результаты могут быть объяснены структурированием полимера у границ наполнителя. Межфазная прослойка полимером и наполнителем имеет повышенные механические характеристики по сравнению с исходным полимером. При малых концентрациях наполнителя структурирование полимера происходит не по всему объему. При высоких концентрациях наполнителя поверхности наполнителя не полностью смачиваются связующим, а контакт частиц наполнителя между собой не обеспечивает прочной связи. Таким образом, при малых концентрациях наполнителя имеем структурную цепочку «наполнитель - межфазная граница - связующее - межфазная граница - наполнитель». При увеличении концентрации структурная цепочка упрощается («наполнитель - межфазная граница - наполнитель»). При высоких концентрациях наполнителя структурная цепочка имеет вид: «наполнитель - наполнитель - межфазная граница - наполнитель». При этом связь на границе «наполнитель - наполнитель» слабая.