

**МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА, АРМИРОВАННЫХ
РАЗЛИЧНЫМИ МИКРОВОЛОКНАМИ**

ЛЕ ТХИ МИ ХИЕП¹, С. В. ПЛАНИН^{1,2}, Л. А. КОРНИЕНКО², В. О. АЛЕКСЕНКО^{1,2}, Л. Р. ИВАНОВА²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: myhiepru@gmail.com

Полифениленсульфид (ПФС) является перспективным высокотемпературным конструкционным термопластом, обладающим высокими показателями свойств теплостойкости, жесткости, ударопрочности, гидролизо-химической стойкости, технологичности, формостабильности, высокой адгезии к большому количеству материалов (стеклу, керамике, титану, бронзе, стали). Это определяет области его применения: машиностроение, авиационная и автомобильная, газовая и нефтяная промышленность, электротехника и т. п. Однако чистый ПФС обладает низкой износостойкостью и высоким коэффициентом трения (0,34), что ограничивает его применение в узлах трения.

Для повышения триботехнических свойств полимеров, как правило, используют различные типы наполнителей, в частности твердосмазочные микрочастицы (ПТФЭ, MoS₂, графит,) и нанонаполнители (углеродные нановолокна/нанотрубки, оксиды) [1-3]. Совместное введение твердосмазочных и армирующих наполнителей в полимерную матрицу позволяет комплексно повысить трибомеханические характеристики, расширяя тем самым номенклатуру и области применения полимерных композитов с заданными эксплуатационными свойствами в узлах трения машин и механизмов.

В настоящей работе с целью применения микроволокон в качестве одновременно армирующих и твердосмазочных наполнителей были исследованы механические и триботехнические характеристики композитов на основе ПФС, армированных различными микроволокнами (углеродными, стеклянными, базальтовыми) в условиях сухого трения скольжения.

Использовали порошок ПФС фирмы Ticona Fortron (0205B4) со средним размером частиц 20 мкм, углеродные, стеклянные и базальтовые волокна со средней длиной 200 мкм. Композиты на основе ПФС получали методом горячего прессования. Твердость по Шору Д определяли на приборе Instron 902 в соответствии с ASTM D 2240. Испытания на трехточечный изгиб проводили с помощью электромеханической испытательной машины Instron 5582 согласно ISO 178: 2010.

Испытание образцов на изнашивание в режиме сухого трения проводили по схеме «шар-на-диске» при нагрузке $P=10$ Н и скорости скольжения $V=0.3$ м/с на трибометре CSEM CH-2000 в соответствии с ASTM G99. Диаметр контртела, выполненного из стали ШХ15, составлял 6 мм. Путь испытания равен 3 км, радиус траектории вращения - 10 мм. Для исследования поверхностей испытанных образцов использовали оптический профилометр New View 6200 (Zygo). Надмолекулярную структуру композитов исследовали с помощью растрового электронного микроскопа LEO EVO 50 (Carl Zeiss) при ускоряющем напряжении 20 кВ на поверхностях скола образцов с надрезом, механически разрушенных после выдержки в жидком азоте.

В таблице 1 приведены механические характеристики композитов на основе ПФС, наполненных 40 вес. % углеродными, стеклянными и базальтовыми волокнами. Из таблицы следует, что твердость по Шору Д сильно возрастает при введении углеродных волокон. Добавление других волокон (стеклянных и базальтовых) незначительно повышает твердость материалов. Модуль упругости при изгибе возрастает при добавлении микроволокон. При этом добавление углеродных волокон позволяет повысить модуль упругости в 3,5 раза по сравнению с чистым ПФС. Предел прочности также значительно повышается при добавлении УВ. Наполнение стеклянными и базальтовыми волокнами приводит к

уменьшению предела прочности композитов. Деформация при разрыве существенно снижается при добавлении всех исследованных наполнителей.

Таблица 1 – Механические свойства композитов на основе ПФС, армированных различными микроволокнами

Материалы	Плотность г/см ³	Твердость по Шору Д	Предел прочности, МПа	Модуль упругости на изгибе, МПа	Деформация при разрыве, %
ПФС	1,33	79,5±0,5	97,8±1,6	3930±71	2,56±1,4
40% УВ	1,47	84,1±0,4	147,8±4,3	13478±894	0,99±0,1
40% СВ	1,74	80,0±0,7	69,8±2	6773±714	1,1±0,1
40% БУ	1,68	80,7±0,5	75,1±7,3	8121±522	1,04±0,07

Результаты трибоиспытаний показаны на рисунке 1. Видно, что добавление в ПФС 40 вес. % углеродных и базальтовых микроволокон позволяет повысить износостойкость композитов в 4 раза по сравнению с чистым полимером. При этом, наполнение стеклянными волокнами в количестве 40 вес. % приводит к снижению износостойкости композитов на основе ПФС (износостойкость в 2 раза ниже по сравнению с чистым ПФС).

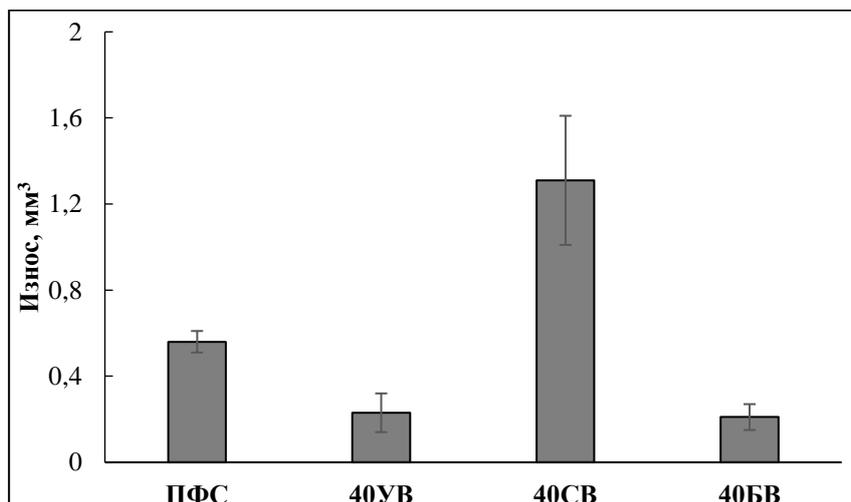


Рисунок 1 – Объемный износ ПФС и композитов на его основе с волокнами

Благодарности. Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 16-48-700192_p_a, а также гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации НШ-5875.2018.8.

Список литературы

1. Laigui. W, Shengrong Yang, Weimin Liu and Qunji Xue. An investigation of the friction and wear behaviors of polyphenylene sulfide filled with solid lubricants. Polymer engineering and Science, Vol.40. No.8, (2000), pp.1825-1832.
2. M. H. Choa and S. Bahadura . A study of the thermal, dynamic mechanical, and tribological properties of polyphenylene sulfide composites reinforced with carbon nanofibers. Tribology Letters, Vol. 25, No. 3, (2006), pp. 237-245.
3. Díez-Pascual A M, Naffakh M, Marco C and Ellis G. Rheological and tribological properties of carbon nanotube/thermoplastic nanocomposites incorporating inorganic fullerene-like WS₂ nanoparticles. J Phys Chem B 2012; 116: 7959–7969.