

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОНА (ПЭЭК) С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ, УГЛЕРОДНЫМИ НАНОВОЛОКНАМИ И ФТОРОПЛАСТОМ

Д. А. НГУЕН¹, С. В. ПАНИН^{1,2}, Л. А. КОРНИЕНКО², Л. Р. ИВАНОВА²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: nda.ttndvn@gmail.com

Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК) является инженерным конструкционным пластиком, который отличается высокой термической стойкостью, высокой прочностью, что обеспечивает возможность его широкого применения в автомобильной и авиационно-космической технике [1]. Однако ненаполненный ПЭЭК обладает недостаточной износостойкостью и высоким коэффициентом трения (0,3-0,4), что ограничивает его применение в узлах трения машин и механизмов.

В [2, 3] обсуждены возможности улучшения износостойкости ПЭЭК добавлением в него различных наполнителей: керамические частицы, углеродные частицы, стеклянные и углеродные волокна, твердые смазочные частицы и т.д. Кроме того, была показана эффективность улучшения износостойкости и механических свойств композитов на основе ПЭЭК за счет использования наноразмерных наполнителей. Обладая высокой текучестью, композиты на основе ПЭЭК являются перспективными в аддитивных технологиях получения сложных изделий для машиностроения и медицины.

С целью применения наполнителя в роли твердой смазки исследованы механические и триботехнические характеристики композитов на основе ПЭЭК с углеродными нанотрубками (нановолокнами) и фторопластом в условиях сухого трения скольжения. Проведен сравнительный анализ эффективности углеродных нанотрубок и нановолокон в формировании триботехнических характеристик полимерных композитов на основе термопластичной матрицы.

В работе использовали порошок ПЭЭК фирмы Victrex, углеродные нановолокна (УНВ) «Таунит» ($\varnothing=60$ нм) и углеродные нанотрубки Tuball ($\varnothing=10$ нм), фторопласт Ф-4ПН-20 фирмы Галополимер (размер частиц 6-20 мкм). Композиты на основе ПЭЭК получали методом горячего прессования при давлении 14 МПа и температуре 400 °С со скоростью последующего охлаждения 5 °С/мин.

Перемешивание порошков полимерных связующих СВМПЭ, ПЭЭК и наполнителей проводили в планетарной шаровой мельнице МР/0,5*4 с предварительным диспергированием взвеси компонентов в этиловом спирте в ультразвуковой ванне.

Износостойкость образцов в режиме сухого трения определяли по схеме «вал-колодка» при нагрузках на образец, закрепленный в держателе, 30Н и скорости скольжения 0,3 м/с на машине трения СМТ-1 в соответствии с ASTM G77. Размер образцов равнялся 16,0×6,35×10,0 мм³. Диаметр контртела, выполненного из стали ШХ15, составлял 35 мм. Степень кристалличности оценивали на совмещенном анализаторе SDT Q600. ИК-спектры получали на спектрометре NIKOLET 5700. Структурные исследования проводили на растровом электронном микроскопе LEO EVO 50

Исследования надмолекулярной структуры ПЭЭК и нанокпозиций на его основе показали, что, в образце чистого ПЭЭК формируется слоистая фрагментарная надмолекулярная структура с кристалличностью 38,5%, размеры фрагментов которой меняются при наполнении матрицы нановолокнами и нанотрубками (рис.1, а-в)

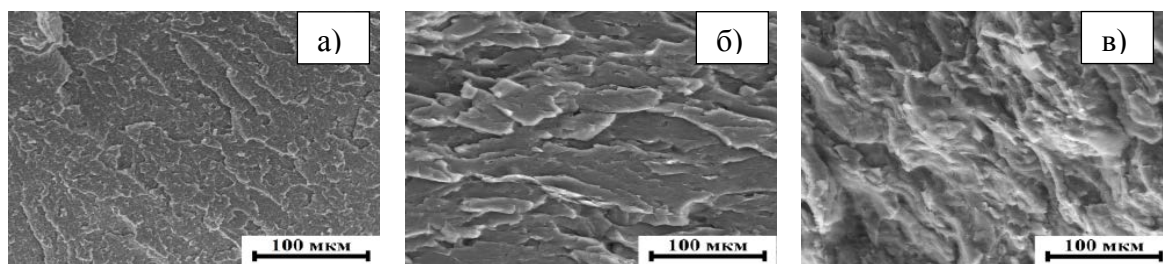


Рисунок 1 – Надмолекулярная структура: а) чистого ПЭЭК; б) ПЭЭК+1%УНТ; в) ПЭЭК+ 1% УНВ

Рисунок 2.а иллюстрирует данные трибоиспытаний композитов на основе ПЭЭК с углеродными нанотрубками и нановолокнами с содержанием 0,5 и 1 вес.%. Из рисунка 2а следует, что введение нанонаполнителя в указанных количествах позволяет снизить объемный износ ПЭЭК примерно в 2 раза. При этом следует указать, что двукратное увеличение износостойкости нанокompозитов на основе ПЭЭК в условиях сухого трения скольжения наблюдается при умеренной скорости скольжения (0,3 м/с) и нагрузке 30Н. Температура поверхностей изнашивания у них также примерно одинакова и составляет 30 °С.

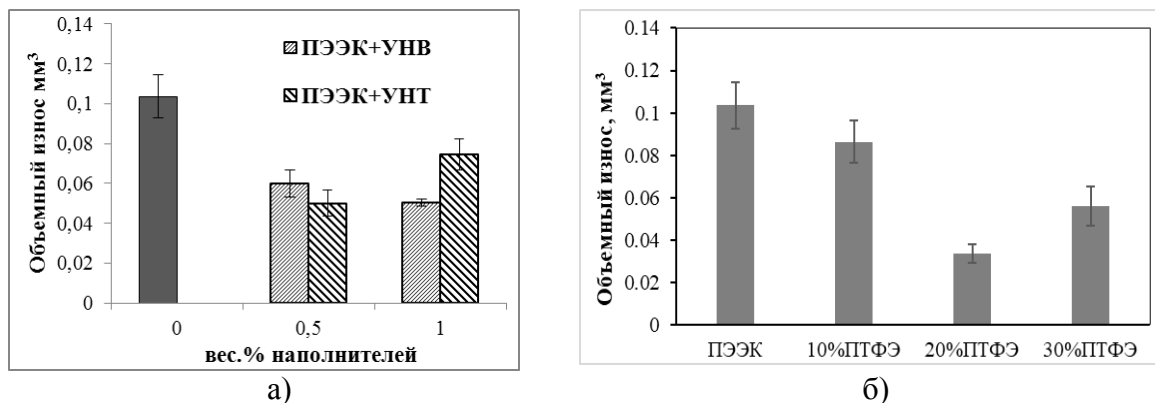


Рисунок 2 – Объемный износ ПЭЭК и композитов на его основе: а) ПЭЭК с углеродными нанотрубками (нановолокнами); б) ПЭЭК с фторопластом.

На рисунке 3 приведены результаты исследований на изнашивание ПЭЭК и композиций на основе ПЭЭК, наполненного фторопластом. Из рисунка 3 следует, что износостойкость ПЭЭК возрастает при наполнении его фторопластом. При этом лучшая износостойкость (в 3 раза выше, чем чистый ПЭЭК) наблюдается в образце ПЭЭК+ 20 вес. %ПТФЭ.

Список литературы

1. А.М. Díez-Pascual, М. Naffakh, С. Marco, G. Ellis, М.А. Gómez-Fatou. High-performance nanocomposites based on polyetherketones// Prog. Mater. Sci., 57 (2012), pp. 1106–1190
2. М. Kuo, С. Tsai, J. Huang, М. Chen. PEEK composites reinforced by nano-sized SiO₂ and Al₂O₃ particulates// Mater. Chem. Phys., 90 (2005), pp. 185–195
3. Н.В. Qiao, Q. Guo, А.Г. Tian, G.L. Pan, L.B. Xu. A study on friction and wear characteristics of nanometer Al₂O₃/PEEK composites under the dry sliding condition// Tribol. Int., 40 (2007), pp. 105–110.