

## ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ И НАГРУЗКИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗНАШИВАНИЮ ТВЕРДОСМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

*В.О. АЛЕКСЕНКО<sup>1,2</sup>, С.В. ПАНИН<sup>1,2</sup>, Л.А. КОРНИЕНКО<sup>1</sup>, Д.Г. БУСЛОВИЧ<sup>2</sup>, Л.Р. ИВАНОВА<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия, Томск

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

E-mail: [vl.aleksenko@mail.ru](mailto:vl.aleksenko@mail.ru)

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), обладая приемлемыми характеристиками прочности, а также низким коэффициентом трения, высокой износ- и химической стойкостью в агрессивных средах, используется для изготовления узлов трения в машиностроении и медицине. Уникальные свойства СВМПЭ определяют и условия эксплуатации изделий из СВМПЭ (низкие температуры, агрессивные среды и т.д.). В последнее время активно разрабатываются экструдированные, высокопрочные и твердосмазочные нано- и микрокомпозиты на основе сверхвысокомолекулярной матрицы СВМПЭ [1-4]. При этом мало исследованными остаются вопросы зависимости износостойкости указанных композитов в условиях сухого трения скольжения от скорости и величины нагрузки с целью определения ограничительных эксплуатационных интервалов [5].

В настоящей работе исследованы механические и триботехнические характеристики композитов на основе СВМПЭ с твердосмазочными наполнителями (политетрафторэтилен, стеарат кальция, дисульфид молибдена, коллоидный графит, нитрид бора) при сухом трении скольжения в условиях различных скоростей и нагрузок. На основе предыдущих исследований авторов выбрано оптимальное содержание твердосмазочных наполнителей в композиции в количестве 5 вес.% [2, 3].

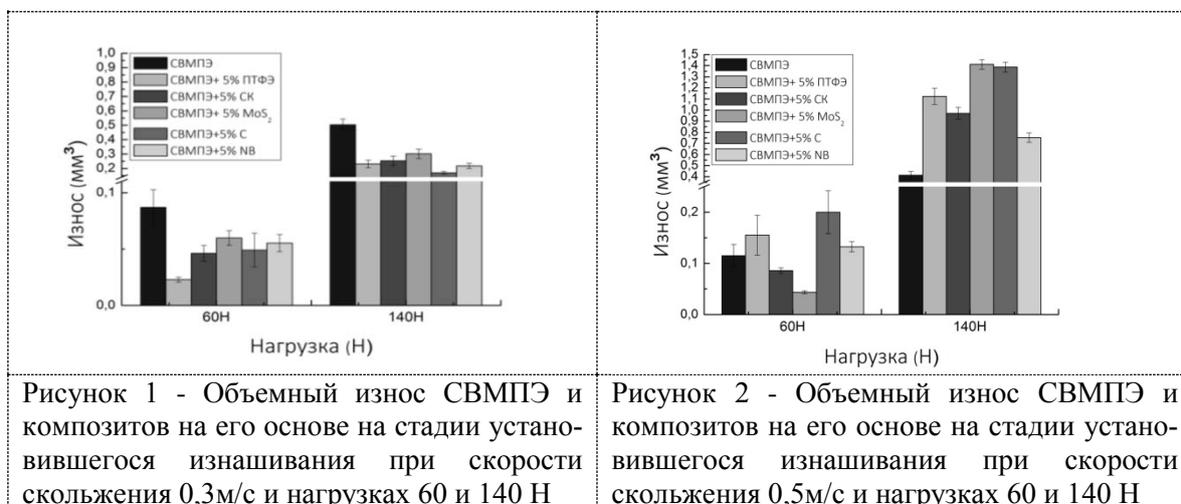
В работе использовали порошки СВМПЭ фирмы Ticona (GUR-2122) молекулярной массой 4,0 млн, порошки политетрафторэтилена (ПТФЭ) размером 14 мкм, дисульфид молибдена ( $\text{MoS}_2$   $\varnothing$  1- 7 мкм), коллоидный графит (С  $\varnothing$  1-4 мкм), стеарат кальция (СК  $\varnothing$  1- 7 мкм), нитрид бора гексагональный (НБ) размером 10 мкм.

Объемные образцы композитов получали горячим прессованием на прессе МС-500 в пресс-форме, обогреваемой кольцевой разъемной печью с цифровым управлением, при давлении 10 МПа и температуре 200° С со скоростью последующего охлаждения 3-4°С/мин. Перемешивание порошков полимерного связующего СВМПЭ 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 скольжения определяли по схеме «вал-колодка» при нагрузке на образец, закрепленный в держателе, 60 и 140 Н и скоростях скольжения 0,3 м/с и 0,5 м/с на машине трения СМТ-1 в соответствии с ASTM G77. Размер образцов составлял 15,75×6,35×10 мм<sup>3</sup>. Диаметр контртела, выполненного из стали ШХ15, равнялся 35 мм, шероховатость контртела 0,3 мкм.

Величину износа определяли путем измерения глубины дорожки трения с помощью контактного профилометра Alpha-Step IQ (KLA-Tencor).

На рисунке 1 приведена диаграмма величины объемного изнашивания всех исследованных композиций при умеренной скорости скольжения (0,3 м/с) и нагрузках 60 и 140 Н. Из рисунка следует, что при малых нагрузках 60 Н износостойкость композитов возрастает в 2-3,5 раз. Самым эффективным твердосмазочным наполнителем для СВМПЭ в этих условиях испытания является политетрафторэтилен.



При нагрузке 140 Н износостойкость как СВМПЭ, так и композитов на его основе снижается более, чем вдвое. При большой скорости скольжения (0,5 м/с) и умеренной нагрузке (60 Н) износ образцов СВМПЭ и композитов вдвое выше, чем при скорости 0,3 м/с (рисунок 2). При этом дисульфид молибдена в этих условиях испытания оказался наиболее эффективным наполнителем СВМПЭ и его можно использовать в качестве твердосмазочного наполнителя для изделий, работающих в узлах трения при умеренных нагрузках и высоких скоростях скольжения. Наконец, при высоких скорости скольжения и нагрузке (до 140 Н) наблюдается кратное возрастание износа СВМПЭ и всех композитов на его основе (в 5-10 раз).

При высокой скорости испытаний (0,5 м/с) и умеренной нагрузке 60Н только дисульфид молибдена оказывается пригодным наполнителем СВМПЭ в экстремальных условиях эксплуатации композита.

#### Список литературы

1. Brian J. Briscoe and Sujeet K. Sinha, (2008) Tribological applications of polymers and composites: Past, present and future prospects, Elsevier, p. 1–14.
2. Steven M. Kurtz, (2009) The UHMWPE handbook: ultra-high molecular weight polyethylene in total joint replacement, Academic press, 379 p.
3. Galetz M.C., Blar T., Ruckdaschel H., Sandler K.W., Alstadt V., (2007) Carbon Nanofibre-Reinforced Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene for Tribological Applications, Journal of Applied Polymer Science, 104, pp. 4173-4181.
4. Панин С.В., Корниенко Л.А., Нгуен Суан Т. и Иванова Л.Р. (2015) Антифрикционный материал на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, наполненного твердосмазочными частицами // Известия высших учебных заведений. Серия: физика, (58), № 6-2, с. 211-215.
5. S.V. Panin, L.A. Kornienko, V.O. Alexenko, L.R. Ivanova. (2016) Improvement of Weer Resistance of UHMWPE by Adding Solid Lubricating Fillers. Key Engineering Materials, vol.712, pp 155-160, doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.712.155.