

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СВМПЭ - ПА

Нгуен Суан Тьук, Панин С.В., Корниенко Л.А.

Научный руководитель: панин С.В., д.т.н., профессор

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Email: nxthuc1986@gmail.com

RESEARCH ON PROPERTIES OF POLYMERIC COMPOSITIONS BASED ON UHMWPE – PA

Nguyen Xuan Thuc, Panin S.V., Kornienko L.A.

National Research Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia

Email: nxthuc1986@gmail.com

Введение

Важной технологической задачей при разработке антифрикционных композитов на основе сверхвысокомолекулярной СВМПЭ-матрицы является поиск совместимых полимерных наполнителей (эластифицирующих добавок) для кратного повышения его триботехнических характеристик [1-3] при одновременном повышении технологичности (экструдирруемости) смесей.

В настоящей работе исследованы структура, механические и триботехнические характеристики полимер-полимерных композиций СВМПЭ+n вес.% ПА-б-ЛПЭНП в режиме сухого трения скольжения. Проведено сравнение различных полимерных наполнителей для выбора оптимальных компонент смеси с целью увеличения технологичности СВМПЭ.

Материал и методики исследований

В работе использовали СВМПЭ фирмы Ticona (GUR-2122) молекулярной массой 4,0 млн, а также блок-сополимер полиамида с линейным полиэтиленом производства ООО «Новые полимерные технологии» (ПА-б-ЛПЭНП). Порошок блок-сополимера был приготовлен из гранул путем механического помола, в результате чего порошинки имели несферическую форму: длина 50-300 мкм, диаметр 50 мкм. Объемные образцы полимерных композитов получали компрессионным спеканием при давлении 10 МПа и температуре 200° С со скоростью последующего охлаждения 3-4°С/мин. Перемешивание порошков полимерного связующего СВМПЭ и наполнителей (блок-сополимера ПА-б-ЛПЭНП) проводили в планетарной шаровой мельнице MP/0,5*4 с предварительным диспергированием компонент в ультразвуковой ванне.

Износостойкость образцов в режиме сухого трения скольжения определяли по схеме «вал-колодка» при нагрузке пару образцов, закрепленных в держателе, 160 Н и частоте вращения вала 100 об/мин на машине трения СМТ-1 в соответствии с ASTM G99 и DIN 50324. Размер образцов равнялся 7*7*10 мм³. Диаметр контртела, выполненного из стали ШХ15, составлял 62 мм.

Шероховатость поверхности трения образцов исследовали на оптическом профилометре Zygo New View 6200. Площадь дорожки трения определяли с помощью программного обеспечения «Rhino Ceros 3.0» путем ручного выделения контура поверхности истирания (дорожки трения) и последующего автоматического расчета с использованием методов обработки изображений.

Результаты исследований

В таблице 1 приведены физико-механические свойства чистого СВМПЭ и композиций СВМПЭ+n вес. % ПА-б-ЛПЭНП. Видно, что предел прочности и удлинение СВМПЭ незначительно изменяются с увеличением содержания блок-сополимера в полимер-полимерной композиции вплоть до 20 вес.%. При этом удельное давление экструдирования Р, МПа (пропорциональное показателю текучести расплава) заметно снижается при увеличении доли полимерного наполнителя ПА-б-ЛПЭНП (с 4,67 МПа до 3,12 МПа).

На рис. 1 представлены оптические изображения, характеризующие морфологию разрушенных образцов СВМПЭ и композиций СВМПЭ+n вес. % ПА-б-ЛПЭНП. Видно, что наполнитель полностью совместим с матрицей. В результате удлинения образцов на несколько сот процентов изначально близкие к сферической форме порошинки ПА-б-ЛПЭНП вытянулись совместно с матрицей и приняли форму волокон.

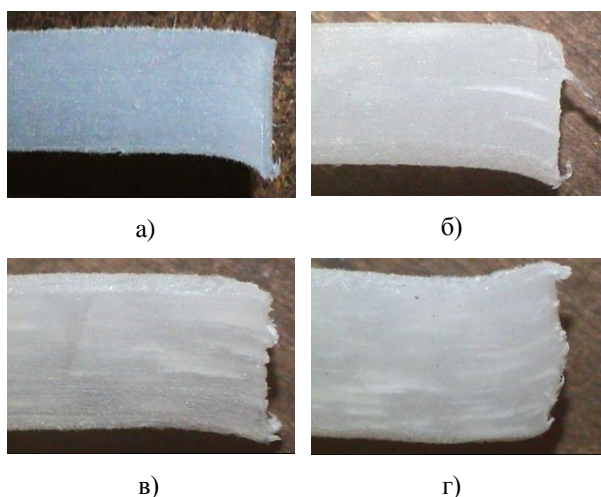


Рис. 1. Морфология разрушенных образцов СВМПЭ (а) и композиций СВМПЭ с 1 (б), 3 (в), 5 (г), 10 (д), 20 вес. % ПА-б-ЛПЭНП (е).

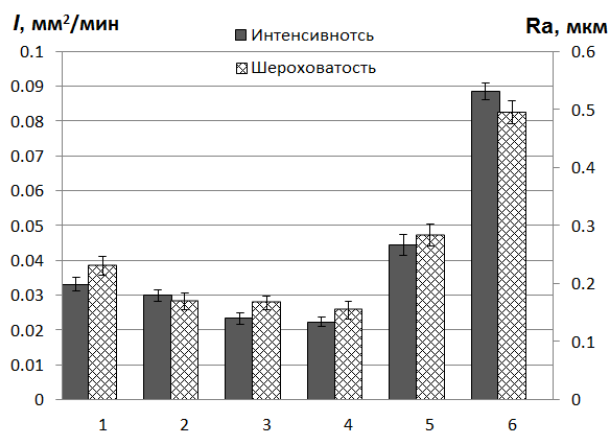


Рис. 2. Интенсивность изнашивания (I) и шероховатость поверхности дорожки трения (Ra) при сухом трении скольжения образцов СВМПЭ (1) и композиций СВМПЭ+ПА-б-ЛПЭНП с 1 (2), 3 (3), 5 (4), 10 (5) и 20 вес. % ПА-б-ЛПЭНП (6).

На рис. 2 приведены интенсивность изнашивания и шероховатость дорожек трения композиций, из которых следует, что износостойкость композиций СВМПЭ+n вес. % ПА-б-ЛПЭНП повышается при наполнении матрицы до 5 вес.% сополимера, а затем постепенно снижается. Видно, что наибольшей из-

носостойкостью характеризуется композиция СВМПЭ+5 вес. % ПА-б-ЛПЭНП (в 1,7 раза выше по сравнению с чистым СВМПЭ, столбцы 1 и 4). Минимальной износостойкостью обладает образец, доли наполнителя в котором максимальна – 20 вес.% (в 2,5 раза выше по сравнению с чистым СВМПЭ).

Таблица 1

Механические свойства СВМПЭ с добавкой ПА-б-ЛПЭНП

Содержание наполнителя, вес.% ПА-б-ЛПЭНП	Плотность г/см ³	Твердость по Шору <i>D</i>	Предел прочн. σ_B , МПа	Удлин. ϵ , %	Крист χ , %	Кэф. трения <i>f</i>	Удельное давл. экстр. <i>P</i> , МПа
0	0,930	57,45	32,3	485,0	56,5	0,12	4,67
3	0,944	54,25	28,7	483,6	45,7	0,11	4,41
5	0,943	55,35	28,9	488,3	45,1	0,11	4,02
10	0,945	54,12	29,6	485,6	35,8	0,13	3,87
20	0,946	53,77	29,1	507,0	30,8	0,14	3,12

На рис. 3 приведены графики, характеризующие изменение температуры контртела (и образцов) по мере их испытаний. Видно, что для чистого СВМПЭ и композита, содержащего 5 вес.% ПА-б-ЛПЭНП, температура меняется идентичным образом.

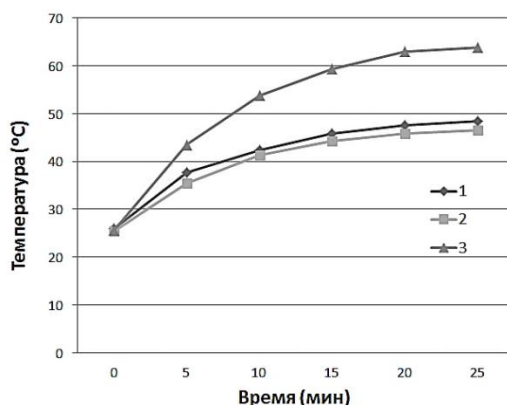


Рис. 3. Изменение температуры поверхности образцов СВМПЭ (1) и композиций СВМПЭ+5 вес.%ПА-б-ЛПЭНП (2), СВМПЭ+20 вес.%ПА-б-ЛПЭНП (3) при сухом трении скольжения

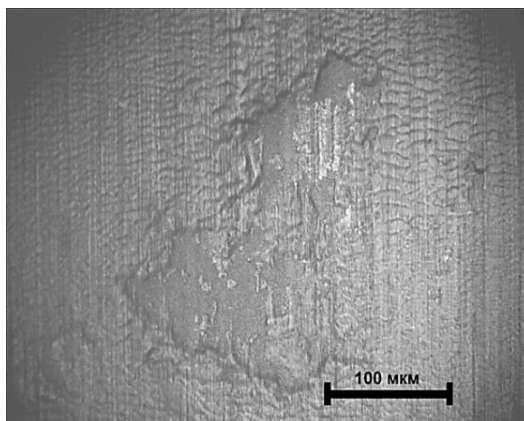


Рис 4. поверхность образца СВМПЭ+20 вес.

%ПА-б-ЛПЭНП после окончания испытаний на сухое трение (б).

В случае же содержания полимерного наполнителя 20 вес.% температура повышается примерно на 20°C. Это не может не сопровождаться дополнительным нагревом образцов. На рис. 4 видно, что область, примыкающая к частице наполнителя, расплавляется и гофрируется. Именно это и должно являться причиной резкого снижения сопротивления изнашиванию композита, в состав которого входит компонент ПА, обладающий температурой плавления существенно выше, чем СВМПЭ-матрица.

Заключение

Механические свойства образцов полимерной смеси СВМПЭ+ n вес. % ПА-б-ЛПЭНП (прочность, удлинение) слабо изменяются по сравнению с чистым СВМПЭ при значительном увеличении показателя текучести (снижении удельного давления экструдирования). Введением 5 вес.% блок-сополимера ПА-б-ЛПЭНП удалось повысить износостойкость полимер-полимерной композиции в 1,7 раза за счет модификации надмолекулярной структуры исходной полимерной матрицы, включая «вмораживание» порошков СВМПЭ в частицы полимерного наполнителя.

Механизм повышения износостойкости подобен таковому для образцов смеси СВМПЭ+ПП-б-ЛПЭНП. Показано, что при высокой степени наполнения СВМПЭ частицами ПА-б-ЛПЭНП наблюдается дополнительный нагрев пары трения, в результате чего интенсифицируются процессы плавления и износостойкость снижается более чем в 2 раза по сравнению с чистым СВМПЭ.

Список литературы

1. Myshkin N.K., Petrokovets M.I., Kovalev A.V. Tribology of polymers: Adhesion, friction, wear and mass-transfer // Tribology International. – 2005 (38), 910-921.
2. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебн. пособие/ Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др., под ред. А.А. Берлина.- СПб.: Профессия, 2008.- 560 с.
3. Steven M. Kurtz. The UHMWPE handbook: ultra-high molecular weight polyethylene in total joint replacement. Academic press, – 2004, 379 p.