

УДК 678.675

А. И. БУРЯ¹, М. А. ГРАЩЕНКОВА¹, Г. Б. ШУСТОВ²¹Днепродзержинский государственный технический университет, Украина²Кабардино-Балкарский государственный университет, Россия

ОЦЕНКА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЛОК-СОПОЛИМЕРА БСП-7

Исследована зависимость фрикционных свойств от значений приведенной вязкости блок-сополимера БСП-7. По результатам исследований подобран оптимальный режим прессования для получения образцов с наиболее выгодным сочетанием прочностных и фрикционных свойств. Описано применение исследуемого блок-сополимера БСП-7 в качестве глазка шнека жатки.

Ключевые слова: трибосопряжения, блок-сополимер БСП-7, метод компрессионного прессования, фрикционные свойства, прочность, глазок шнека жатки.

Введение. Износ подвижных сопряжений и рабочих органов под влиянием сил трения является основной причиной выхода из строя механизмов и машин [1; 2]. Современная техника нуждается в более совершенных материалах для трибопар. Растут удельные нагрузки и скорости относительного перемещения трущихся деталей, ужесточаются температурные условия эксплуатации и агрессивность сред. Весьма остро стоит вопрос о снижении энергозатрат на трение, повышении долговечности и надежности трибосопряжений [3]. В связи с этим, важной задачей современной науки является создание принципиально новых полимерных материалов с улучшенными прочностными и эксплуатационными характеристиками. Преимуществом таких материалов является то, что наряду с увеличением износостойкости и уменьшением коэффициента трения, удается добиться высокой прочности [4–5].

Материалы и методы исследований. В качестве исследуемого материала в настоящей работе был использован блок-сополимер БСП-7 [6]. Образцы для исследований изготавливали методом компрессионного прессования по следующей технологии:

- таблетирование: материал подвергали брикетированию при комнатной температуре под давлением 60 МПа;
- сушка: заготовки помещали в термощкаф и выдерживали в течении 3 часов при температуре 293-403 К;
- формирование: заготовки загружали в предварительно разогретую до 453К пресс-форму, затем температуру поднимали до 538 К, выдерживали материал 5 минут без давления и 5 минут под давлением 10 МПа, после чего пресс-форму охлаждали до температуры 443 К.

Для измерений приведенной вязкости ($\eta_{пр}$) использовали БСП-7 в виде порошка с $\eta_{пр} = 1,5$. В данном и в последующих случаях приведенную вязкость рассчитывали по формуле:

$$\eta_{пр} = \left(\frac{\tau_{раствора}}{\tau_{растворителя}} - 1 \right) \times 2, \quad (1)$$

где $\tau_{раствора}$ – время истечения раствора полимера; $\tau_{растворителя}$ – время истечения растворителя (хлороформа).

Время истечения раствора и растворителя измеряли на вискозиметре, помещенном в термостат (температура воды 273 К), диаметр капилляра вискозиметра 0,56 мм, концентрация раствора блок-сополимера БСП-7 в хлороформе 0,5%.

Термогравиметрический анализ осуществляли на дериватографе системы Ф. Паулик, Й. Паулик и Л. Эрдей типа MOM.

Измерения предела текучести при сжатии ($\sigma_{сж}$) проводили согласно ГОСТ 11262-80.

Износ и фрикционные свойства образцов блок-сополимера БСП-7 с различной приведенной вязкостью изучали на дисковой машине трения [7]. Вертикальный вал машины приводился в движение от электродвигателя постоянного тока через ременную передачу. На вал насаживался сменный диск из стали 45, твердость 45÷48 HRC, шероховатость поверхности 0,32 мкм. Число оборотов вала регистрировали счетчиком. Жесткозакрепленная крестовина машины имеет три рычага, в стаканах которых устанавливались полимерные образцы. Нормальное давление на каждый образец составляло 0,2 МПа при скорости скольжения 1 м/с и пути трения 1000 м.

За основную характеристику процесса изнашивания принимали интенсивность линейного износа (I_h) [8], определяемую соотношением:

$$I_h = \frac{\lambda}{\rho_T} \cdot \frac{dG}{Aa \cdot dL_T}, \quad (2)$$

где G – величина весового износа; dL_T – путь трения; Aa – номинальная площадь контакта; ρ_T – плотность истираемого материала; $\lambda = \frac{Aa}{A_T}$, здесь A_T – номинальная площадь трения.

Коэффициент трения замеряли тензометрическим методом, температуру в зоне контакта – термопарами, показания записывали электронным потенциометром КСП-4.

Обсуждение результатов исследований. Для проведения фрикционных испытаний образцов блок-сополимера БСП-7 с различной приведенной вязкостью ($\eta_{пр}$), предварительно изучали зависимость данной характеристики от температуры прессования. Результаты измерений показали, что во всем исследованном диапазоне температур (538-623 К) $\eta_{пр}$ монотонно снижается с величины 1,05 до 0,58 (табл.).

Таблица

Влияние температуры прессования (T , К) на физико-механические характеристики блок-сополимера БСП-7

Наименование физической величины	Температура прессования (T), К							
	538	553	573	593	603	613	623	633
Изменение потери массы (Δm), %	0	0	0	0	0	1,4	4	6
Приведенная вязкость ($\eta_{пр}$)	1,05	0,91	0,82	0,76	0,74	0,71	0,58	-
Предел текучести при сжатии ($\sigma_{сж}$), МПа	120	120	122	126	136	134	128	-

Согласно данным термогравиметрического анализа изменение молекулярной массы (Δm) блок-сополимера БСП-7 в процессе прессования происходит за счет термодеструкции. При этом следует отметить, что, начиная с температуры более 608 К наблюдается выделение летучих продуктов, сопровождающееся уменьшением молекулярной массы блок-сополимера (табл. 1).

Кроме приведенной вязкости и молекулярной массы учитывали влияние температуры прессования блок-сополимера БСП-7 на предел текучести при сжатии ($\sigma_{сж}$) (табл. 1). С ростом температуры ($\sigma_{сж}$) увеличивается и достигает своего максимального значения 136 МПа при температуре 603 К, далее наблюдается постепенное снижение значений данной характеристики.

В процессе проведения фрикционных испытаний обнаружили, что продукты износа блок-сополимера БСП-7 намазываются на контртело, что приводит к увеличению коэффициента трения ($f_{тр}$) и как следствие температуры в зоне контакта (t). Данное влияние начинает сказываться со значения приведенной вязкости 0,58.

Результаты изменения интенсивности износа, коэффициента трения и температуры в зоне контакта от приведенной вязкости образцов блок-сополимера БСП-7 представлены на графиках (рис. 1–3).

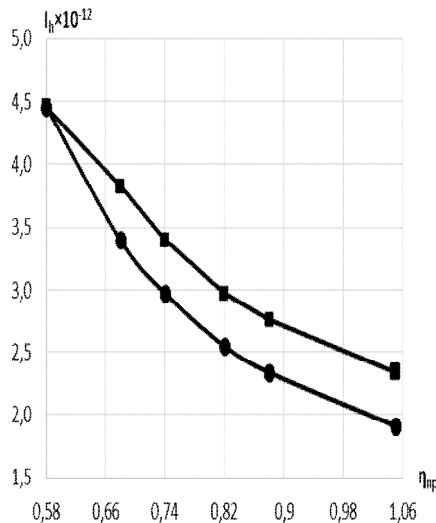


Рис. 1. Зависимость величины интенсивности линейного износа (I_h) от приведенной вязкости ($\eta_{пр}$) блок-сополимера БСП-7 при трении: \bullet – по пленке; \blacksquare – без пленки

Интенсивность износа при наличии пленки на контртеле меньше, т.к. пленка уменьшает активирующее воздействие стального контртела на механодеструкцию блок-сополимера БСП-7. При этом износ тем меньше, чем выше приведенная вязкость блок-сополимера БСП-7, так как в этом случае улучшается адгезия пленки со сталью. Вместе с тем наличие пленки на контртеле ухудшает фрикционные свойства блок-сополимера БСП-7. Такое отрицательное влияние проявляется в увеличении коэффициента трения ($f_{тр}$) и температуры в зоне контакта (t) и начинает сказываться на образцах, приведенная вязкость которых равна 0,74.

На основании анализа результатов исследований можно сделать вывод, что оптимальным сочетанием физико-механических и фрикционных свойств обладают образцы блок-сополимера БСП-7 с приведенной вязкостью 0,74, полученные при температуре прессования 603 К.

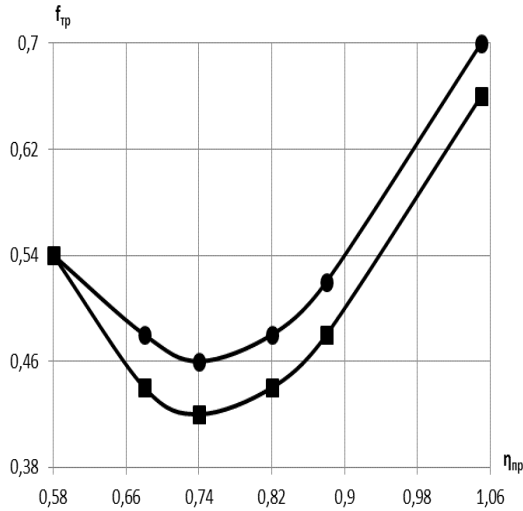


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения ($f_{\text{тр}}$) от приведенной вязкости ($\eta_{\text{пр}}$) блок-сополимера БСП-7 при трении: ● – по пленке; ■ – без пленки

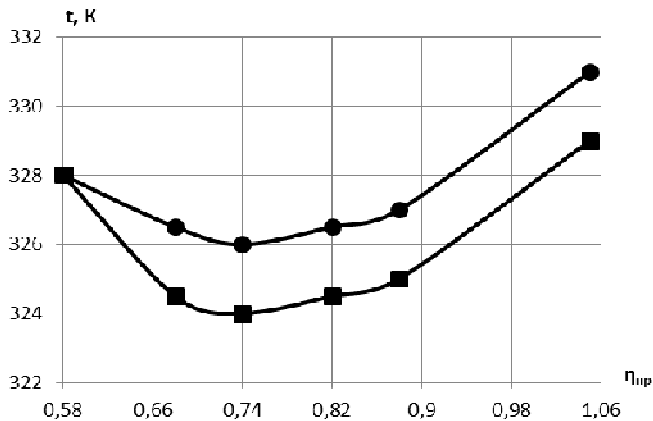


Рис. 3. Зависимость температуры в зоне контакта (t, K) от приведенной вязкости ($\eta_{\text{пр}}$) блок-сополимера БСП-7 при трении: ● – по пленке; ■ – без пленки

Применение. Преимущества эксплуатационных свойств исследуемого блок-сополимера БСП-7 дали основание ориентироваться именно на данный материал при производстве деталей подвижных сопряжений машин и механизмов, в частности глазка шнека жатки, который является одним из рабочих элементов жатвенной части самоходного зерноуборочного комбайна [9].

Конструктивно глазок шнека жатки представляет собой цилиндр диаметром $\varnothing 30$ мм, высотой $h 30$ мм. В средней части глазка имеется отверстие диаметром $\varnothing 15$ мм под палец, расположенное перпендикулярно образующей цилиндра.

Глазок шнека жатки работает в условиях трения скольжения в абразивной среде без смазки с частотой вращения 345 с^{-1} и нагрузками: максимальной – $1,6 \text{ МПа}$, минимальной – $0,4 \text{ МПа}$ при температуре окружающего воздуха – $20\text{--}40^\circ\text{C}$ и влажности $15\text{--}100\%$. Глазок эксплуатируется в контакте с пальцем, изготовленным из холодногнущей стали Ст35.

Испытания по определению износа опытных глазков из блок-сополимера БСП-7 и серийных глазков из полиамида ПА-6 (210/310 ОСТ 6-06-С9-93) проводились на стенде, который представляет собой полностью собранный пальчиково-

вый механизм со средней частью цилиндра шнека жатки, заключенного в герметичную камеру. Серийные и опытные глазки устанавливались в равных количествах и не смазывались в течение всего периода испытаний.

Результаты проведенных исследований представлены на графике (рис. 4).

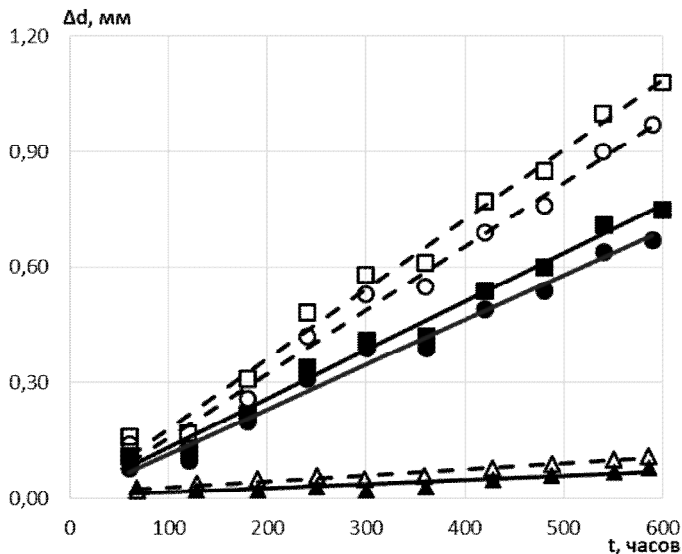


Рис. 4. Износ глазков шнека жатки изготовленных из полиамида ПА-6 и блок-сополимера БСП-7: □ – суммарный износ из полиамида ПА-6+палец; ■ – суммарный износ глазок из БПС-7+палец

По суммарной величине износа опытные глазки из блок-сополимера БСП-7 превосходят серийные из полиамида ПА-6 в 1,42 раза.

Выводы. Представленные в настоящей работе результаты исследований прочностных, фрикционных и физико-механических свойств блок-сополимера БСП-7 позволяют сделать вывод, что данный композиционный материал отвечает требованиям, предъявляемым к современным конструкционным материалам и может повысить долговечность деталей трибосопряжений.

Список литературы

1. Буше Н. А. Трение, износ и усталость в машинах / Н. А. Буше. – М.: Транспорт, 1987. – 223 с.
2. Рыбакова Л. М., Куксенова Л. И. Задачи материаловедения в проблеме износостойкости металлических материалов / Л. М. Рыбакова, Л. И. Куксенова. – М.: Машиностроение, 1991. – 56 с.
3. Ксеневиц И. П. Триботехника и проблемы прикладной механики наземных мобильных машин / И. П. Ксеневиц // Приводная техника. – 2003. – Т. 45, №5. – С. 2–5.
4. Буря А. И., Соколова Т. С., Оприц З. Г. Армирование пластика из фенилона термостойкими волокнами / А. И. Буря, Т. С. Соколова, З. Г. Оприц // Химические волокна. – 1977. – №3. – С. 23–24.
5. Буря А. И., Приходько О. Г., Белых В. С. Влияние углеродного волокна на трение и износ полиэтилена / А. И. Буря, О. Г. Приходько, В. С. Белых // Проблемы трения и изнашивания. – К.: Техника, 1981. – № 20. – С. 92–94.
6. Шустов Г. Б., Буря А. И., Дубкова В. И., Ермоленко И. Н. Синтез и свойства полиарилсульфонового блок-сополимера и композитов на его основе / Г. Б. Шустов, А. И. Буря, В. И. Дубкова, И. Н. Ермоленко // Доклады АН БССР. – Минск: Наука і тэхніка, 1990. – Т. XXXIV, №12. – С. 1104–1106.

7. Буря А. И. Трение и изнашивание органопластиков на основе полиамида-6 / А. И. Буря // Трение и износ. – 1998. – Т. 19, №5. – С. 671–676.
8. Методика расчетной оценки износостойкости поверхностей трения деталей машин. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 100 с.
9. Буря О. І., Пат. 101203 Україна, МПК А01D 37/00 (2015.01). Вічко шнека жатки / О. І. Буря, Г. Б. Шустов, М. О. Гращенко; Заявник і патентовласник: Буря О. І.; заявл. 06.04.2015; опубл. 25.08.2015, Бюл. №16.

Стаття надійшла до редакції 06.10.2015

О. І. БУРЯ, М. О. ГРАЩЕНКОВА, Г. Б. ШУСТОВ

ОЦІНКА ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЛОК-СПІВПОЛІМЕРУ БСП-7

Досліджено залежність фрикційних властивостей від значень наведеної в'язкості блок-співполімеру БСП-7. За результатами досліджень підібраний оптимальний режим пресування для отримання зразків з найбільш вигідним поєднанням міцнісних та фрикційних властивостей. Описано застосування досліджуваного блок-співполімеру БСП-7 в якості вічка шнека жатки.

Ключові слова: трибосполучення, блок-співполімер БСП-7, метод компресійного пресування, фрикційні властивості, міцність, вічко шнека жатки.

A. I. BURYA, M. A. GRASCHENKOVA, G. B. SHUSTOV

EVALUATION OF TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BLOCK-COPOLYMER BSP-7

The paper describes the method for obtaining samples of the block-copolymer BSP-7. It focuses on the interrelation between the pressing temperature and the changing of molecular weight, the viscosity and yield limit of compression sample of the block-copolymer BSP-7. It analyses the dependence of frictional properties: wear rate, coefficient of friction and the temperature in the contact zone of the values of the viscosity of the block-copolymer BSP-7. According to the research it has been concluded that the samples with reduced viscosity of 0.74 obtained at a temperature of 603 K have the optimum combination of strength and friction properties. The paper describes the application of the test block-copolymer BSP-7 as a part of the movable coupling, namely the orifice header auger.

Key words: tribocoupling, block-copolymer BSS-7, a compression molding method, strength properties, frictional properties, orifice header auger.

Буря Олександр Іванович – канд. техн. наук, професор, завідувач лабораторії композитних матеріалів Дніпродзержинського державного технічного університету, ol.burya@gmail.com

Гращенко Марина Олександрівна – аспірант кафедри фізики конденсованого стану Дніпродзержинського державного технічного університету.

Шустов Генадій Борисович – д-р хім. наук, професор, Кабардино-Балкарський державний університет.