

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бирюков В.П.¹, Горюнов Я.А.², Якубовский А.А.¹

¹*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва;*

²*Российский университет транспорта, Москва*

Ключевые слова: износ, закрепленное абразивное зерно, композиционный полимер.

Аннотация. Работа посвящена определению износостойкости при изнашивании закрепленным зерном карбида кремния полимеров ПА-6, и композиционных полимеров с добавками дисульфида молибдена, графита в сравнении с эталоном резиной, бутадиен нитрильным каучуком. Получены закономерности стойкости к абразивному изнашиванию закрепленным абразивным зерном в зависимости от состава полимеров. Наибольшей износостойкостью обладали образцы ПА-6 с графитом. Результаты исследований могут быть использованы для замены резиновых деталей в узлах трения подвижного состава.

DETERMINATION OF ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF POLYMER MATERIALS

Biryukov V.P.¹, Goryunov Ya.A.,² Yakubovsky A.A.¹

¹*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow;*

²*Russian University of Transport, Moscow*

Keywords: wear, fixed abrasive grain, composite polymer.

Abstract. The work is devoted to the determination of wear resistance during wear by a fixed grain of silicon carbide of polymers PA-6, and composite polymers with additives of molybdenum disulfide, graphite in comparison with the standard rubber, nitrile butadiene rubber. The regularities of resistance to abrasive wear by fixed abrasive grain depending on the composition of polymers are obtained. PA-6 samples with graphite had the greatest wear resistance. The results of the research can be used to replace rubber parts in the friction units of rolling stock.

В этом исследовании были приготовлены пять [1] различных полимерных смесей бутадиен-стирольного каучука (SBR) и ударопрочного полистирола (HIPS) в следующих пропорциях 65/35 (1), 60/40 (2), 55/45 (3), 50/50 (4), 45/55 (5). Испытания на износ проводились по схеме: «штифт – диск» собственной разработки. Эксперименты на износ закрепленным абразивным зерном проводились при различных путях трения 25, 50, 75 и 100 м. Скорость скольжения при испытаниях составляла 1 м/с, при нагрузке 5 Н. На поверхность вращающегося диска была закреплена наждачная бумага с различной зернистостью P240 и P500. Эксперименты показали, что увеличение доли HIPS, добавляемого в SBR, приводит к снижению плотности. Значения твердости смесей SBR/HIPS увеличивались с увеличением доли HIPS. Величины абразивного износа варьируются в зависимости от соотношения компонентов смесей SBR/HIPS. Значения коэффициентов трения, полученные от пути трения в экспериментах, проведенных с использованием наждачной бумаги P500, показали их большой разброс, в то время как графики коэффициентов трения с

наждачной бумагой P240, показывают более стабильную картину. Самые высокие коэффициенты трения для обеих наждачных бумаг находились в группе 1. Самые низкие значения коэффициентов трения получены для группы 2 с наждачной бумагой P240, и группы 5 с наждачной бумагой P500 соответственно. Скорость износа образцов уменьшалась с уменьшением размера абразива. Результаты экспериментов, проведенных с использованием наждачной бумаги P240 и P500, показывают, что наибольший износ наблюдается в группе 1, в то время как наименьший – в группе 5.

Для экспериментов использовали смеси полиамида (РА66) и полипропилена (PP) [2] в различных весовых процентах 95/5 (1), 90/10 (2), 85/15 (3), 80/20 (4), 75/25 (5), 70/30 (6). Испытание на абразивный износ были проведены в соответствии с ASTM G65 по схеме: «образующая поверхность резинового диска – композиционный полимер». В зону трения подавался кварцевый песок марки AFS 60 (плотность $2,4 \text{ г/см}^3$ и твердость по кнопу 875). Испытания выполнялись при частоте вращения 209 мин^{-1} ($2,5 \text{ м/с}$). Расход абразива составлял $275 \pm 5 \text{ г/мин}$. Для испытания были выбраны нагрузки 50 Н и 75 Н и пути трения в диапазоне 500, 1000 и 1500 м.

Наибольшая потеря объема при износе приходилась на образцы (5) РА66/PP, тогда как наименьшая потеря объема наблюдалась у смеси (1) РА66/PP. Одинаковая тенденция наблюдалась для обеих нагрузок. Это объясняется исключительно кристаллическим строением PP. По мере увеличения содержания PP в смеси материал становится хрупким и снижает механическую прочность образцов. При нагрузке 50 Н, минимальном расстоянии истирания и минимальном процентном содержании PP в смеси потери объема при износе РА66/PP составили $18,36 \text{ мм}^3$. Для того же условия испытания с самым высоким процентом PP, объем износа составлял $69,56 \text{ мм}^3$, что примерно на 278% больше.

Испытания на абразивное изнашивание [3] закрепленным зерном выполнялись по схеме: «штифт (полимерный образец) – диск (с прикрепленной наждачной бумагой зернистостью P400). Для испытаний использовали композиционные образцы с различной массовой долей графита 0,10, 15, 20, 25, 30. Потеря массы определялась для нагрузок 10 Н, 20 Н, 30 Н при трении на диаметре дорожки 40 мм, частоте вращения диска 500 мин^{-1} , с использованием наждачной бумаги из карбида кремния. Наилучшие результаты стойкости к абразивному изнашиванию закрепленным зерном показали образцы с 10 и 20 массовой долей графита.

Целью нашей работы было определение величины абразивного изнашивания закрепленным зерном полимерных материалов в сравнении с эталоном резиной, бутадиен нитрильным каучуком (БНК).

Для выполнения экспериментов были изготовлены прямоугольные образцы полимеров ПА-6 ($70 \times 20 \times 2 \text{ мм}$) (1), ПА-6, маслonaполненные с дисульфидом молибдена, ($70 \times 20 \times 10 \text{ мм}$) (2), ПА-6 с графитом ($70 \times 20 \times 10 \text{ мм}$) (3), полиуретан литейный СКУ 7Л (4) и БНК ($70 \times 20 \times 2 \text{ мм}$) (5). Образцы полимеров и БНК толщиной 2 мм наклеивались на вкладыш с размерами $70 \times 20 \times 10 \text{ мм}$. Испытания на абразивное изнашивание закрепленным зерном выполняли по схеме: «торец кольцевой оправки с наклеенной наждачной бумагой – широкая сторона образца

(полимер, БНК)». Для испытаний использовали наждачную бумагу карбида кремния с зернистостью Р120.

Результаты испытаний на абразивное изнашивание закрепленным зерном по трем образцам представлены в таблице 1.

Табл. 1. Потеря массы образцов при испытании закрепленным абразивным зерном

Номер образца	Масса до испытания, г	Масса после испытания, г	Потеря массы, г	Средняя потеря массы, г
1-1	9,0322	8,9502	0,0082	0,0089
1-2	9,7962	9,7873	0,0089	
1-3	9,7354	9,7257	0,0097	
2-1	16,2882	16,2794	0,0088	0,0083
2-2	16,3311	16,3234	0,0077	
2-3	16,2620	16,2536	0,0084	
3-1	19,9278	19,9218	0,0079	0,00816
3-2	19,4612	19,4531	0,0081	
3-3	19,4297	19,4212	0,0085	
4-1	11,1192	10,9226	0,1966	0,1903
4-2	10,9315	10,7393	0,1922	
4-3	11,6630	11,4809	0,1821	
5-1	10,6002	10,3629	0,2373	0,2437
5-2	9,4571	9,2159	0,2412	
5-3	9,8201	9,5675	0,2526	

Выводы

Проведенные эксперименты показали, что максимальной износостойкостью при изнашивании закрепленным абразивным зерном обладали образцы ПА-6 с графитом, далее по убыванию следовали образцы ПА-6 с дисульфидом молибдена, ПА-6, полиуретана СКУ 7Л соответственно. Наихудшие результаты показали образцы БНК.

Список литературы

1. Kaştan A., Talaş Ş. Abrasive wear behaviour of SBR/HIPS (%35–55) polymer blends // Mater. Res. Express. 2019, vol. 6, p. 105353. doi.org/10.1088/2053-1591/ab3f6.
2. Lingesh B.V., Ravikumar B.N., Rudresh B.M. Three Body Abrasive Wear Behaviour of Polyamide 66/ Polypropylene (PA66/PP) Thermoplastic Blends // J. Mod. Mater. 2017, vol. 3, iss. 1, pp. 24-32.
3. Nomula M.D., Saheb S.H., Prasanth U.S. Investigation of abrasive wear properties of graphite reinforced PA66 polymer composites // International Journal of Recent Scientific Research. 2015, vol. 6, iss. 4, pp. 3272-3279.

Сведения об авторах:

Бирюков Владимир Павлович – к.т.н., ведущий научный сотрудник;

Горюнов Ярослав Алексеевич – студент;

Якубовский Антон Алексеевич – младший научный сотрудник.