

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2024-21-29-32>

ВЛИЯНИЕ ТВЕРДОСТИ НА АБРАЗИВНОЕ ИЗНАШИВАНИЕ ПОЛИУРЕТАНА

Бирюков В.П., Якубовский А.А.

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

Ключевые слова: износ, закрепленное абразивное зерно, абразивное изнашивание, потеря массы образца, абразивная стойкость, полиуретан.

Аннотация. Работа посвящена определению износостойкости при изнашивании закрепленным зерном карбида кремния полиуретана различной твердостью. Получены закономерности стойкости к абразивному изнашиванию закрепленным абразивным зерном в зависимости от твердости и свойств полиуретана. Наибольшей износостойкостью обладали образцы полиуретана. Результаты исследований могут быть использованы для замены деталей в узлах трения подвижного состава.

THE INFLUENCE OF HARDNESS ON ABRASIVE WEAR OF POLYURETHANE

Biryukov V.P., Yakubovsky A.A.

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

Keywords: wear, fixed abrasive grain, abrasive wear, sample mass loss, abrasion resistance, polyurethane.

Abstract. The work is devoted to determining the wear resistance when worn by fixed grains of silicon carbide polyurethane of different hardness. The patterns of resistance to abrasive wear by fixed abrasive grains depending on the hardness and properties of polyurethane were obtained. Polyurethane samples had the greatest wear resistance. The research results can be used to replace parts in friction units of rolling stock.

В современном мире полимеры имеют особое значение для машиностроения, так как они позволяют удешевлять продукцию, улучшать технические параметры, благодаря своим физико-химическим и физико-механическим свойствам. Одним из таких материалов является полиуретан, который применяется для создания валов, роликов, пружин, защитных покрытий и уплотнений. В зависимости от места применения полиуретана используют разные модификации с различной твердостью, что делает актуальным изучение влияния твердости на его трибологические свойства.

Образцы [1] из полиуретана (ПУ) диаметром 32 мм и высотой 12 мм были получены с использованием отвердителя (аминный – МОСА) в разном соотношении: ПУ-0,9; ПУ-0,95; ПУ-1; ПУ-1,05; ПУ-1,1. Трибологические испытания проводили на машине трения СВЗ-1 по схеме: «торец кольцевого контрообразца (бронза) – торец кольцевого образца (полиуретан)» в дистиллированной воде, нагрузкой 0,3, 0,5, 0,7 МПа, временем 120 мин, частоте вращения 150 мин⁻¹. Результаты испытаний показали, что ПУ-0,95

имеет наименьшие коэффициенты трения, а также и потерю массы при различных нагрузках 0,22 и 0,032 г соответственно.

На образцы [2] из стали Ст2кп с размерами 120×50×0,5 мм, наносили полиуретановое покрытие на водной основе (СВПУ) толщиной 200 мкм, с различным содержанием бутандиил-бис-триазин-диамин (ББТДА) 0,3; 0,5; 0,8; 1 масс. % и выдерживали при температуре 70 °С в течение 3 часов. Испытание на износ проводили с помощью ротационного абразивного тестера с нагрузкой 1 Н в течение 1000 циклов. Установлено, что покрытие СВПУ без добавок ББТДА имеет наихудшую абразивную стойкость, потеря массы которого составила 44,5 мг, далее с увеличением добавки ББТДА до 1 масс% потеря массы снижалась до 0,4 мг. Данный результат был достигнут благодаря химической сшивки и межмолекулярной водородной связи.

Из листа [3] полиуретана (ПУ), бутадиенового каучука (БК) и бутадиев-стирольного каучука (БСК), нарезали образцы размерами 5×5×3 мм. Для испытания на износостойкость использовали возвратно поступательную машину трения, на контактную поверхность контробразца, которой наклеивали бумагу разной шероховатостью: Р80, Р240, Р500, Р1000, Р3000. Параметры испытания были следующие: нагрузка 12 Н, путь скольжения 7 м. Выявлено, что коэффициенты трения у ПУ были значительно выше, чем у БК и БСК, и имели значения 1,1; 0,9; 0,8 соответственно. Скорость изнашивания ПУ незначительно выше, чем у БСК, но ниже, чем у БК: $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$, $1 \cdot 10^{-6}$ мм²/Н, соответственно.

Цель нашей работы это определение величины абразивного изнашивания закрепленным абразивом образцов ПУ с различной твердостью.

Для экспериментов использовали образцы полиуретана ПУ1 (1), ПУ2 (2), ПУ3 (3), ПУ4 (4), ПУ5 (5), с размерами 70×20×10 мм. Их технические характеристики представлены в таблице 1.

Табл. 1. Технические характеристики полиуретанов

№	Условная прочность при растяжении, МПа	Условное напряжение при 100% удлинении, МПа	Твердость по Шору А
1	38	9	98
2	30	9	93-95
3	20	5	85-88
4	13	2	70-75
5	5	1,1	60-65

Испытания на абразивное изнашивание закрепленным зерном выполняли по схеме: «торец кольцевой оправки с наклеенной наждачной бумагой – широкая сторона прямоугольного образца (полиуретана)» при давлении 0,8 МПа. Для испытаний использовали наждачную бумагу карбида кремния с зернистостью Р120. Результаты испытаний на абразивное изнашивание закрепленным зерном представлены в таблице 2.

Табл. 2. Потеря массы образцов при испытании закрепленным абразивным зерном

№	Масса до испытаний, г	Масса после испытаний, г	Потеря массы, г	Средняя потеря массы образца, г
1	15,9332	15,9306	0,0026	0,0419
	15,9306	15,8721	0,0586	
	14,3743	14,3098	0,0645	
2	16,5283	16,4721	0,0563	0,0591
	16,4721	16,4228	0,0492	
	16,6374	16,5656	0,0718	
3	16,7476	16,6505	0,0971	0,0891
	16,6505	16,5744	0,0761	
	15,0955	15,0013	0,0942	
4	14,6936	14,6048	0,0888	0,0921
	14,6048	14,5209	0,0839	
	15,0833	14,9801	0,1033	
5	15,3048	15,1027	0,2021	0,2275
	15,1027	14,8869	0,2158	
	14,8533	14,5887	0,2646	

Морфология поверхностей трения и зоны износа образцов полиуретана представлены на рисунке 1. По морфологии поверхности трения установлено, что основным механизмом износа у ПУ1, ПУ2, ПУ3 было микрорезание, у ПУ4 микрорезание, с частичным усталостным механизмом износа, а у ПУ5 износ происходил в основном по усталостному механизму изнашивания.



а



б

Рис. 1. Морфология поверхностей полиуретана: а) ПУ1, б) ПУ2

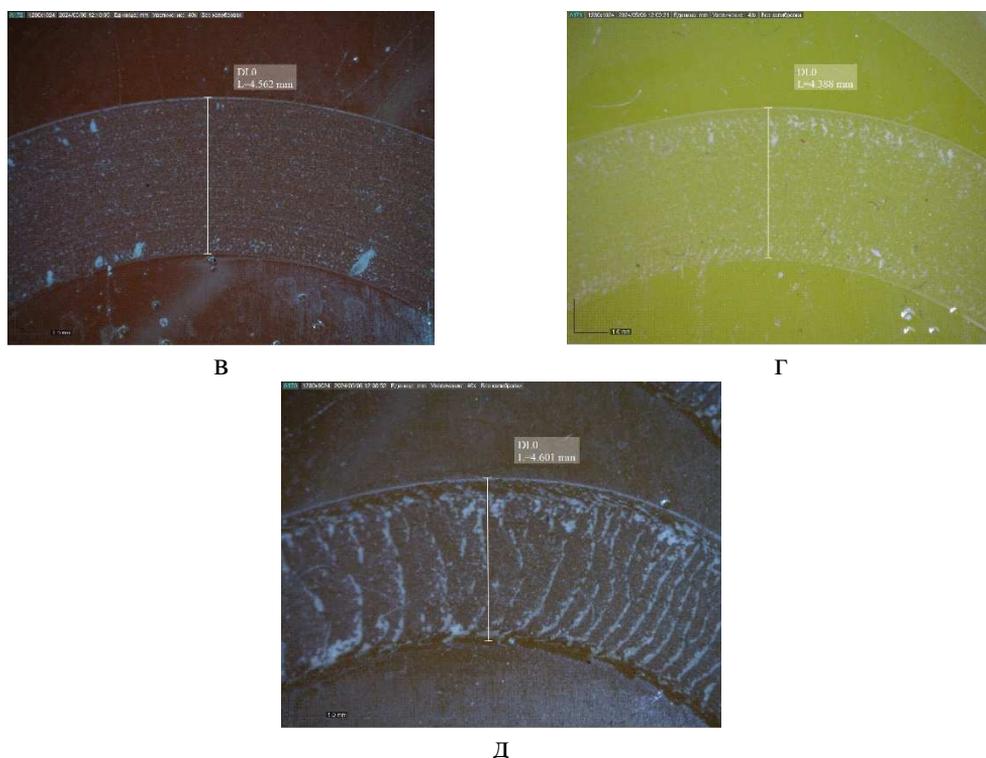


Рис. 1. Морфология поверхностей полиуретана: в) ПУ3, г) ПУ4, д) ПУ5

Выводы. Проведенные эксперименты показали, что максимальной износостойкостью при изнашивании закрепленным абразивным зерном обладали образцы ПУ1, далее следовали образцы ПУ2, ПУ3, ПУ4. Наихудшие результаты показали образцы ПУ5, так как у них были наименьшие показатели твердости.

Список источников / References

1. Xu Q., Guo Z., Huang Q., Yuan C. Effect of chain extender content on tribological properties of polyurethane under water-lubrication // Journal of Applied Polymer Science. 2023, vol. 140(36), pp. 428-444. DOI: 10.1002/app.54388.
2. Zhang J., Jiang Z., Wang Y., Guo M., Ban T., Zhang Y., Zhu X. Abrasion resistant waterborne polyurethane coatings based on dual crosslinked structure // Progress in Organic Coatings. 2024, vol. 190, p. 108336. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2024.108336.
3. Sato S., Yamaguchi T., Shibata K., Nishi T., Moriyasu K., Harano K., Hokkirigawa K. sliding friction and Wear behavior of thermoplastic polyurethane against abrasive paper // Biotribology. 2020, vol. 23, p. 100130. DOI: 10.1016/j.biotri.2020.100130.

Бирюков Владимир Павлович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Biryukov Vladimir Pavlovich – candidate of technical sciences, leading researcher
Якубовский Антон Алексеевич – младший научный сотрудник	Yakubovsky Anton Alekseevich – junior researcher
Laser-52@yandex.ru	

Received 16.10.2024