Развитие шероховатости и снижение твердости поверхности абразивного износа в различных видах полиэтилена. Часть I.

Development of roughness and decrease in hardness of abrasive wear surface in various types of polyethylene. Part I.

В.Р. ГУМЕН, В.В. КОВРИГА

V.R. GUMEN, V.V. KOVRIGA

Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО, Москва Россия
POLYMERTEPLO Group, Moscow, Russia
kovriga@polyplastic.ru

Образцы восьми марок полиэтилена различных производителей: ПЭ 100 2НТ11-9 (Казаньоргсинтез); Hostalen CRP-100 повышенной стойкости к растрескиванию, ПЭ 100RC, Hostalen 4731 PG – порошок (LyondellBasell); PERT I и II типа Dowlex 2344 и Dowlex 2377 (Dow); ПЭ 100 P6006 AD (Sabic); ПЭ 100 H1000PC (SCG, Таиланд) испытаны на износ по методу ИСО 9352 с определением шероховатости и твердости следа износа. Определён ряд материалов с последовательно уменьшающейся износостойкостью. Показано, что износ происходит по слоям. Наличие слоёв не меняет положения материалов в ряду износостойкости. Показано снижение твердости материалов под поверхностью износа. Исследована зависимость шероховатости от размера зерна абразива.

Ключевые слова: полиэтилен, износ по ИСО 9352, шероховатость по ГОСТ 19300-86, твердость по ИСО 868

Samples of eight grades of polyethylene from various manufacturers: PE100 2NT11-9 (Kazanorgsintez plant); Hostalen CRP-100 with increased resistance to cracking, PE 100RC, Hostalen 4731 PG – powder (LyondellBasell); PERT I and II type Dowlex 2344 and Dowlex 2377 (Dow); PE100 P6006 AD (Sabic); PE100 H1000PC (SCG, Thailand) tested for wear according to the ISO 9352 method with the determination of the roughness and hardness of the wear mark. A range of materials with consistently decreasing wear resistance have been identified. It is shown that wear occurs in layers. The presence of layers does not change the position of materials in the range of wear resistance. A decrease in the hardness of materials under the wear surface is shown. The dependence of the roughness on the grain size of the abrasive is investigated.

Keywords: polyethylene, wear according to ISO 9352, roughness according to GOST 19300-86, hardness according to ISO 868

DOI: 10.35164/0554-2901-2021-11-12-26-28

Введение

В литературе отмечен факт снижения твердости под поверхностью истирания полиэтилена. Целью настоящей работы было исследование обнаруженного факта на широком круге инженерных марок полиэтилена для установления – на каких видах полиэтилена этот эффект проявляется.

Объекты и методы исследования

Исследованы материалы, используемые в производстве полиэтиленовых труб компании ПОЛИПЛАСТИК. Изучены образцы, изготовленные из различных марок полиэтилена нескольких производителей. В таблице 1 представлен перечень исследованных материалов.

Таблица 1. Исследованные материалы.

№	Марка материала	производитель	направление использования
1	PERT тип I 2344	Dow	тепловая труба
2	PERT тип II 2377	Dow	тепловая труба
3	ПЭ100 P6006 AD	Sabic	напорная труба
4	Hostalen CRP100 resist CR Black	Lyondell Basell	напорная труба
5	ПЭ 100RC	Lyondell Basell	напорная труба
6	ПЭ100 H1000PC	SCG (Таиланд)	напорная труба
7	Hostalen 4731	LyondellBasell	тепловая труба
8	ПЭ 100, 2НТ 11-9	ОАО «Казаньоргсинтез»	напорная труба

Использовались образцы в виде диска диаметром 100 мм, толщиной от 2 до 6 мм, полученные литьём под давлением.

Определение износа по методу ИСО 9352.

Данные по износу получены в соответствии с методикой ISO 9352 [1]. Образцы испытаны на вращающейся платформе прибора типа Табер до 5000 циклов вращения. Износ определялся как среднее значение индивидуальных замеров в мм³ на метр пути трения.

В методе используются два истирающих колеса, размещённых на поверхности образца. На каждое из колёс прикладывается вертикальная нагрузка 750 г. Износ возникает вследствие вращения образца для испытаний, на котором стоят абразивные колеса; вращение платформы установлено на заданное число оборотов. Оценивается потеря объёма образца на единицу пути трения весовым методом. В методе предусмотрено определение объёма, который теряет образец в процессе трения, кроме этого, определялся показатель потери объёма на единицу длины.

Абразивные диски – металлические диски, на которые наклеен внешний слой толщиной 6 мм из вулканизированной камерной резины с твердостью 52 IRHD. Абразивная шкурка [2] обёртывается вокруг резиновой поверхности и соединяется встык или внахлёт, после чего закрепляется двусторонней клейкой лентой 10 мм. Ширина абразивной ленты составляет 10 мм. Абразивные ленты изготовлены с использованием следующих видов абразивов: 40Н, 32Н, 12Н и 4Н [3]. Определение износа проводилось пятью циклами по 1000 оборотов.

Методика измерения шероховатости.

Шероховатость поверхности измеряли в соответствии с ГОСТ 19300-86 [4].

В работе для измерения шероховатости использовался стандартный профилометр. Профилометры предназначены для измерения неровности поверхности и определяют глубину профиля –

впадины материала по 9 точкам со средним значением отклонения глубины профиля.

Замеры показателей R_z – общей шероховатости поверхности износа, а также статистическая ошибка отклонения R_q вместе с ошибкой среднего отклонения профиля поверхности R_a получены на разных образцах при заданном числе оборотов. Данные по шероховатости дорожек трения для всех типов полиэтилена получены при разных циклах истирания 1000, 2000, 3000, 4000 и 5000 оборотов. В работе использованы 4 вида абразива: 40Н – грубое истирание, 32Н – среднее истирание, Н12 – тонкое шлифование и Н4 – сверхтонкая обработка.

Методика определения твёрдости

Твердость поверхностей износа определялась у образцов с различным числом циклов истирания на стандартном дюрометре ШОР D, имеющем электронный замер в соответствии с методикой ISO 868 [5]. Замер начальной твердости производился по центру дискового образца.

При определении твёрдости испытуемый образец должен иметь толщину не менее 6 мм. Образец может быть либо монолитным, либо состоять из 2–3 слоёв, положенных друг на друга. Размеры образца должны позволять проводить испытание на расстоянии не менее 12 мм от любого края. Дюрометр устанавливали в вертикальном положении. Результаты замеров приняты как среднее арифметическое двух измерений

Результаты исследований и их обсуждение

При проведении экспериментальных работ оценены величины износа на приборе Табер, измерена шероховатость на дорожке износа по методу [4] и определена твердость по методу ИСО 868 ШОР Д [5]. Результаты определения величины износа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Износ (мм³/м) различных марок полиэтилена по слоям истирания на абразиве 40Н.

№	Наименование материала	Слой истирания				$I_{ср}$, мм ³ /м
		1000–2000	2000–3000*	3000–4000	4000–5000	
3	ПЭ100 P6006 AD	3,13	0,90	1,74	0,69	1,61
8	ПЭ 100, 2НТ 11-9	1,91	1,19	2,40	0,69	1,55
6	ПЭ100 H1000PC	3,54	1,20	0,15	0,63	1,38
7	Hostalen 4731	3,25	1,69	0,21	0,19	1,32
1	PERT тип I 2344	0,37	1,72	0,68	1,17	0,96
5	ПЭ 100RC	3,41	1,97	1,92	0,35	1,91
4	Hostalen CRP100 resist CR Black	1,54	2,39	0,86	1,58	1,60
2	PERT тип II 2377	0,60	2,70	1,42	0,44	1,27

*в таблице образцы представлены в порядке увеличения износа в цикле 2000–3000.

Из полученных данных видно, что первый слой (1000 оборотов диска истирания) в образцах № 3, 8, 6, 7 и 5 изнашивается сильнее второго слоя, т.е. второй слой подвержен износу меньше. В то время как в образцах 1, 4 и 2 износ после 1000 оборотов меньше, чем после 2000.

Результаты измерения шероховатости на дорожке износа в зависимости от размера зерна абразива при различных циклах истирания материала и от величины износа представлены на рис. 1 и 2.

На рисунках приведены величины шероховатости, достигаемые при разных числах оборотов диска прибора. На рис. 1 видна зависимость шероховатости от размера зерна абразива при разных циклах вращения диска. На рис. 2 приведена зависимость шероховатости от износа после 5000 циклов.

Рис 1. Зависимость шероховатости поверхности различных марок полиэтилена от размера зерна при разных циклах истирания по ИСО 9352. 1 – 1000 об., 2 – 2000 об., 3 – 3000 об., 4 – 4000 об., 5 – 5000 об.

а

б

Рис. 2. Зависимость шероховатости от износа а) абразивами 40Н, б) абразивами 32Н, в) абразивом 12Н и г) абразивом 4Н.

1 – Dowlex 2344, 2 – Dowlex 2377, 3 – 6006AD, 4 – CRP100RC, 5 – ПЭ 100RC Sabc Arely5922, 6 – H1000PC, 7 – Hostalen 4731.

Рис. 3. Зависимость износа на абразиве 40Н от твёрдости материала после 5000 циклов. Цифры на рисунке соответствуют номеру марки материала в таблице 1: 1 – Dowlex 2344, 2 – Dowlex 2377, 3 – 6006AD, 4 – CRP100RC, 5 – ПЭ 100RC Sabc Arely5922, 6 – H1000PC, 7 – Hostalen 4731.

Оценка шероховатости показала, что её величина прямо связана с размером зерна абразива. При увеличении размера зерна абразива шероховатость увеличивается.

Таблица 3. Изменение величины твердости, измеренной по шкале ШОР D.

№	Материал	Среднее значение твёрдости образца материала	
		исходной	после истирания в 5000 об.
8.	2НТ 11-9	62	44
7.	Hostalen 4731	61	39
5	ПЭ100Sabc ARELY5922R	60	28
4	CRP100RC	59	34
6.	H1000PC	59	46
3.	6006AD	58	50
2.	Dowlex 2377	57	48
1.	Dowlex 2344	55	44

Изучение падения твердости из-за изменения эластичности материала при абразивном износе на приборе ИСО 9352 сделано путем замера твёрдости дорожек износа. На рис. 3 показана зависимость износа от исходной твёрдости материала на абразиве 40Н.

В таблице 3 приведены данные изменения твердости материала после истирания при 5000 об.

Во всех исследованных образцах твёрдость после абразивного воздействия уменьшается.

Выводы

1. На восьми марках полиэтилена показана возможность формирования ряда износостойкости полиэтиленов по показателю абразивного износа.
2. Подтверждён факт снижения твёрдости материала после механического воздействия для всех исследованных материалов.
3. Показана связь между шероховатостью поверхности, возникающей в процессе износа и размером истирающего абразива. Установлено, что с увеличением размера зерна абразива шероховатость поверхности послойного износа возрастает для всех исследованных материалов.

Литература

1. International Standard ISO 9352, Plastics — Determination of resistance to wear by abrasive wheels, 2012.
2. ГОСТ 5009-82 Шкурка шлифовальная тканевая. Технические условия
3. ГОСТ Р 52381-2005 Материалы абразивные. Зернистость зерновой состав шлифовальных порошков. Контроль зернового состава.
4. ГОСТ 19300-86 Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры
5. ISO 868, Plastics and ebonite – Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness), 2003.