

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

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

B.P. ГУМЕН, B.B. 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 твердости следа износа.

Определён ряд материалов с последовательно уменьшающейся износостойкостью, данный ряд сохраняется при износе на абразивах 32Н, 12Н и 4Н по ГОСТ 5009-82. Показано, что износ происходит равномерно по толщине.

Ключевые слова: полиэтилен, износ по ИСО 9352, 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 type I and II 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 hardness and the wear mark. A rank of materials with consistently decreasing wear resistance has been determined, this series persists when worn on abrasives 32N, 12N and 4N according to GOST 5009-82. It is shown that the wear occurs uniformly along the thickness.

Keywords: polyethylene, wear according to ISO 9352, hardness according to ISO 868

DOI: 10.35164/0554-2901-2022-5-6-47-49

Целью настоящей работы было установление рядов износостойкости полиэтиленов, истираемых на абразивах различных размеров, и видов полиэтилена и твердостей под поверхностью износа.

Объекты и методы исследования

Исследованы материалы, используемые в производстве полиэтиленовых труб. В таблице 1 представлен перечень исследованных материалов.

Таблица 1. Исследованные материалы.

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

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. Оце-

нивается 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 шириной 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 определения твердости

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 [4, 5]. Замер начальной твердости производился по центру дискового образца [6].

При определении твердости 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, определена твердость по методу ИСО 868 Шор D [6]. Результаты определения величины износа на разных абразивах представлены в таблицах 2–4.

Таблица 2. Износ (мм³/м) различных марок полиэтилена по слоям истирания на абразиве 32Н.

Наименование материала	Слой истирания				Иср, мм ³ /м
	1000–2000	2000–3000	3000–4000	4000–5000	
ПЭ 100 P6006 AD	1,65	0,36	1,38	1,42	1,20
ПЭ 100, 2НТ 11-9	2,57	0,69	0,07	1,30	1,15
ПЭ100 H1000PC	1,06	1,16	2,53	1,02	1,44
Hostalen 4731	0,82	2,26	0,54	1,0	1,17
PERT тип I 2344	0,81	0,94	0,72	1,08	0,88
ПЭ 100RC	2,17	1,34	1,42	0,37	1,32
Hostalen CRP100 resist CR Black	1,08	0,38	2,46	2,07	1,49
PERT тип II 2377	0,74	1,38	1,59	0,31	1,00

В таблицах 2–4 образцы представлены в порядке увеличения износа в цикле 2000–3000.

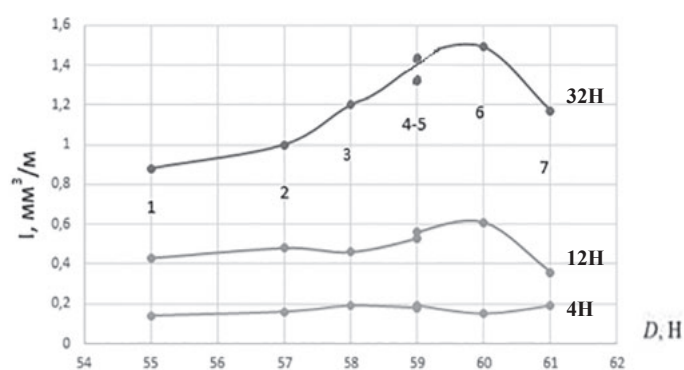
Таблица 3. Износ (мм³/м) различных марок полиэтилена по слоям истирания на абразиве 12Н.

Наименование материала	Слой истирания				I _{ср} , мм ³ /м
	1000–2000	2000–3000	3000–4000	4000–5000	
ПЭ 100 P6006 AD	0,66	0,36	0,41	0,30	0,43
ПЭ 100, 2НТ 11-9	0,38	0,11	0,45	0,45	0,34
ПЭ100 H1000PC	0,54	0,68	0,55	0,48	0,56
Hostalen 4731	0,30	0,23	0,55	0,36	0,36
PERT тип I 2344	0,43	0,36	0,53	0,36	0,43
ПЭ 100RC	0,48	0,77	0,30	0,59	0,53
Hostalen CRP100 resist CR Black	0,69	0,60	0,48	0,69	0,61
PERT тип II 2377	0,44	0,16	0,88	0,47	0,48

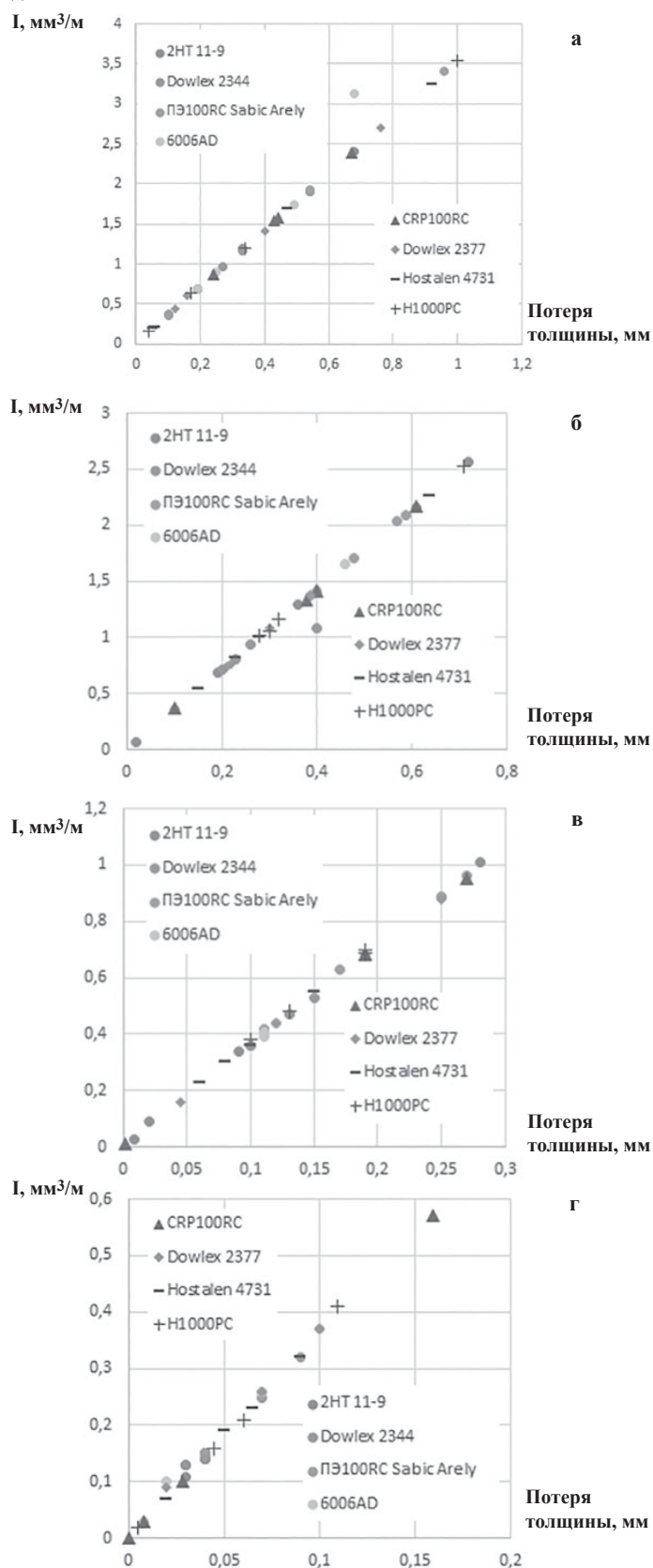
Таблица 4. Износ (мм³/м) различных марок полиэтилена по слоям истирания на абразиве 4Н.

Наименование материала	Слой истирания				I _{ср} , мм ³ /м
	1000–2000	2000–3000*	3000–4000	4000–5000	
ПЭ 100 P6006 AD	0,41	0,23	0,12	0,01	0,19
ПЭ 100, 2НТ 11-9	0,13	0,14	0,14	0,11	0,13
ПЭ100 H1000PC	0,25	0,21	0,14	0,16	0,19
Hostalen 4731	0,05	0,16	0,39	0,12	0,18
PERT тип I 2344	0,39	0,07	0,03	0,09	0,14
ПЭ 100RC	0,28	0,28	0,10	0,08	0,18
Hostalen CRP100 resist CR Black	0,32	0,03	0,11	0,17	0,15
PERT тип II 2377	0,11	0,13	0,16	0,27	0,16

Для достоверности результата следует оценить зависимость износа от твердости при разном истирании абразивами. При больших числах оборотов значения износа падают в силу притупления абразивов. На рис. 1 представлена зависимость износа на разных абразивах от твердости.

**Рис. 1.** Зависимость износа на абразивах 32Н, 12Н, 4Н от твердости 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 – H1000PC, 6 – ПЭ 100RC Sabic Vestolen A RELY 5922, 7 – Hostalen 4731.

Последовательность сохраняется, а вариация между материалами снижена. На абразивах 4Н она отсутствует, однако износ примерно одинаковый. Для стачивания слоёв, в отличие от поверхности – малый абразив, подтверждается формула распределения величин износа основного структурного слоя полиэтилена от твердости.

**Рис. 2.** Зависимости износа от глубины дорожки истирания, а) абразивы 40Н б) 32Н, в) 12Н и г) 4Н соответственно.

Данные рисунка 2 подтверждают равномерность износа и отсутствие слоёв, отличающихся по износостойкости.

В таблице 5 указаны величины шероховатости [7], поверхностей полиэтилена и их снижения в силу истирания. Шероховатость полиэтиленов измерялась в соответствии с ГОСТ 19300-86.

Таблица 5. Шероховатость и изменение величины твердости, измеренной по шкале ШОР D, и ее снижение после цикла износа по ИСО 9352 в 4000–5000 об. изнашивания.

Материал	Шероховатость, мкм	Твердость, Н	Твёрдость на дорожке износа, Н
2НТ 11-9	91	62	44
Hostalen 4731	154	61	39
ПЭ 100 SABIC ARELY5922R	122	60	28
CRP100RC	78	59	34
H1000PC	105	59	46
6006AD	112	58	50
Dowlex 2377	122	57	48
Dowlex 2344	136	55	44

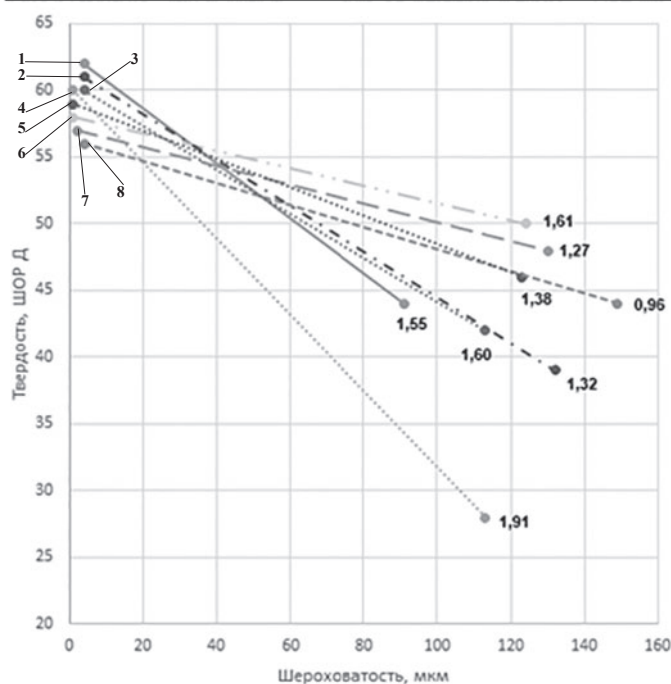


Рис 3. Связь между твердостью и шероховатостью для различных видов полиэтилена. Цифры у прямых справа – значения износа в мм³/м. 1 – линейная (2НТ 11-9); 2 – линейная (Hostalen 4731); 3 – линейная (CRP100RC); 4 – линейная (ПЭ100RC Sabic Vestolen A RELY 5922); 5 – линейная (H1000PC); 6 – линейная (6006AD); 7 – линейная (Dowlex 2377); 8 – линейная (Dowlex 2344).

Выводы

На восьми марках полиэтилена показана возможность формирования ряда износостойкости полиэтиленов по показателю абразивного износа.

Подтверждён факт сохранения рядов материала на разных абразивах для всех исследованных материалов.

Показано существенное снижение твёрдости под поверхностью износа полиэтилена.

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 24621-91 (ИСО 868-85) Государственный стандарт пластмассы и эбонит. Определение твердости при вдавливании с помощью дюрометра (твердость по Шору), 1991.
5. ГОСТ Р ИСО 7619-1. Резина вулканизованная или термопластичная. Определение твердости при вдавливании. Часть 1. Метод с применением дюрометра (твердость по Шору), 2009.
6. ISO 868, Plastics and ebonite - Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness), 2003.
7. ГОСТ 19300-86 Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры.