

# К ОЦЕНКЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТРУБНЫХ МАРОК ПОЛИЭТИЛЕНА

Качалина А.В., Калугина Е.В., Коврига В.В.

Трубы из полиэтилена широко используются для газо- и водоснабжения, а также для транспортировки различных суспензий и взвесей в горнодобывающих и других отраслях промышленности.

При эксплуатации полиэтиленовые трубы подвергаются интенсивному изнашиванию твердыми абразивными частицами, содержащимися в воде и других средах, транспортируемых по трубам. Поэтому вопрос износостойкости труб из полиэтилена является важным и требует ясного понимания и четкой оценки.

В России действует один стандарт на износостойкость пластмасс – это ГОСТ 11012, который оценивает износостойкость в наиболее тяжелых условиях абразивного износа.

Так как показатели износостойкости сильно меняются при изменении условий эксплуатации, разработано и стандартизировано несколько методов испытаний, позволяющих имитировать условия эксплуатации. Эти стандарты представлены в группе «Обеспечение износостойкости изделий».

Наиболее близкими к условиям работы полиэтиленовых труб являются следующие стандарты:

- 1) ГОСТ 23.207-89 Метод испытания машиностроительных материалов на ударно-абразивное изнашивание.
- 2) ГОСТ 23.208-79 Метод испытаний материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы.
- 3) ГОСТ 23.219-84 Метод испытаний на износостойкость материалов и деталей при гидроэрозионном изнашивании дисперсными частицами.

Ситуация в международной стандартизации характеризуется тем, что в 1995 году был принят стандарт международной организации по стандартизации ISO 9352-1995 «Пластмассы. Определение сопротивления износу при помощи абразивных дисков». Этот стандарт разработан на базе американского стандарта ASTM. Сегодня этот стандарт принят и в Европе, ему соответствует немецкий стандарт DIN 5375-1 и британский стандарт BS-2782-3: Метод 370:1996.

Рис. 1. Машина для испытаний на абразивный износ



Однако, несмотря на большое количество стандартов, возможность с их помощью точно определить сравнительную износостойкость материалов в конкретных условиях эксплуатации есть не всегда. Вследствие этого в некоторых случаях приходится разрабатывать специальные методики.

Так, например, методика по оценке износостойкости полиэтиленовых труб предлагается в статье [2]. Представлена схема испытательного стенда, в котором отрезки труб длиной 1000 мм были заполнены водной суспензией с абразивными частицами и качались с определенной частотой, вызывая износ при движении частиц вдоль стенки. Испытаниям подвергались трубы из линейного полиэтилена и сшитого полиэтилена – РЕХ-а. В результате было показано, что трубы из сшитого полиэтилена РЕХ-а по сопротивлению гидроабразивному износу в три раза превосходят трубы из линейного полиэтилена высокой плотности.

В России по проблеме износостойкости пластмасс проводились многоплановые исследования [1, 3, 4, 5, 6].

В работах С.Б.Ратнера и его учеников последовательно и разносторонне ставились и решались вопросы износа пластмасс и влияния на него различных факторов. Были показаны связь износостойкости пластмасс с другими механическими свойствами и способы повышения износостойкости различных полимерных материалов.

Задачей настоящего исследования было изучение наиболее жесткого вида износа – абразивного износа по шлифовальной шкурке. Была использована шлифовальная шкурка Н12 по ГОСТ 13344. Эта шкурка имеет средний показатель шероховатости, что позволяет производить износ полимерных материалов быстро, и с довольно хорошей воспроизводимостью оценивать износостойкость материалов.

В принципе, для оценки износостойкости полимерных материалов можно использовать шлифовальные шкурки различной зернистости, но, как было показано в работах [3, 4, 6], для оценки абразивного износа можно использовать шкурку только одной зернистости, т.к. при истирании любых материалов имеется единый переходный коэффициент от одной шкурки к другой. Также была выявлена корреляция между истиранием по шкурке и в массе свободного незакрепленного абразива [4]. Это объясняется, в частности, тем, что независимо от размеров зерна и закрепленности абразива, механизм износа пластмасс остается одинаковым, сохраняя характер микрорезания.

Для сравнительных испытаний были выбраны трубы, изготовленные из различных полиэтиленов трубных марок, как линейного, так и сшитого.

Линейными полиэтиленами высокой плотности были марки 3802В ООО «Ставролен» (ПЭ 80) и КРІС Р600ВL (ПЭ 100).

Таблица 1. Износ различных видов пластмассы

Материал	Среднее значение износа, мм <sup>3</sup> /м
Полиуретан	6,4
Эпоксидная смола с карбидом кремния	8,3
Полистирол	9,7
Фторопласт-4	18

Таблица 2. Износ различных видов полиэтилена по шлифовальной шкурке

Материал	Среднее значение износа I, мм <sup>3</sup> /м	Стандартное отклонение среднего значения	Коэффициент вариации среднего значения, %
ПЭ 80	3,1	0,14	4,5
ПЭ 100	3,1	0,15	4,8
Lupolen 5261 ZQ 456	3,8	0,15	4,0
PEX-a	3,4	0,13	4,0

В качестве образца сшитого полиэтилена был выбран перекисно-сшитый полиэтилен PEX-a, изготовленный из порошкообразного полиэтилена марки Lupolen 5261 ZQ 456 фирмы Basell.

Для сравнения исследовались образцы в виде брусков 10x10x15 мм, полученные методом литья под давлением из порошкообразного полиэтилена марки Lupolen 5261 ZQ 456, который используется для получения перекисно-сшитого PEX-a. Подробно свойства материалов описаны в [7].

Образцы для испытаний из труб вырезались механически.

Испытания на абразивный износ проводились на машине Шоппер по методике ГОСТ 11012 (рис. 1).

Испытательная машина состоит из следующих частей:

- вращающегося цилиндра диаметром 150-170 мм, предназначенного для крепления на нем шлифовальной шкурки. Окружная скорость поверхности цилиндра составляет  $0,30 \pm 0,05$  м/с;
- патрона для съемного держателя с закрепленным в нем образцом;
- нагружающего устройства, обеспечивающего приложение нагрузки 1 кгс перпендикулярно истирающей поверхности;
- механизма, обеспечивающего равномерное перемещение патрона вдоль образующей цилиндра на расстояние  $10 \pm 1$  мм за время одного оборота цилиндра;
- устройства, обеспечивающего плотное закрепление шлифовальной шкурки на боковой поверхности цилиндра (без вздутий и перекосов), – продольной планки;
- специального устройства, поднимающего патрон при подходе образца к планке и опускающего его без удара после прохождения планки.

При испытании образец, зажатый в патрон, истирается по шкурке, натянутой на барабан. Причем при вращении барабана патрон перемещается подобно резцу токарного станка так, что истирание происходит все время по свежей поверхности шкурки. Такая траектория избрана потому, что абразивная способность снижается вследствие скольжения образца пластмассы по шкурке, уже засоренной продуктами износа.

По методу ГОСТ определяются значения износа как величина уменьшения объема образца в кубических миллиметрах на 1 метр пути износа, размерность мм<sup>3</sup>/м. В таблице 1

представлены данные об износе некоторых видов пластмасс для возможного сравнения с полиэтиленом.

Для каждого вида полиэтилена было проведено не менее семи параллельных испытаний. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Полученные данные показывают, что у всех образцов полиэтиленов показания износа являются близкими. Это связано с тем, что при испытаниях все образцы полиэтиленов, и линейных, и сетчатых, имели близкие величины плотности, твердости и предела текучести.

Из литературных данных [1, 4] известно, что показатель истирания по шкурке не особенно чувствителен к модификациям пластмасс одного типа. К модификациям в данном случае относят введение стабилизаторов, а также создание сетчатой структуры полимера, в случае, если полимер не изменяет своего состояния.

Износ PEX-a по сравнению с исходным полиэтиленом марки Lupolen 5261 ZQ 456 слегка изменился. Из этого можно сделать заключение, что создание сетчатой структуры оказывает слабое влияние на износостойкость полиэтилена в условиях абразивного износа. Износостойкость сшитого полиэтилена несколько ниже, чем у ПЭ 80 и ПЭ 100.

При сравнении показателей износа полиэтиленов трубных марок с полимерами других типов видно, что полиэтилены трубных марок намного превосходят другие типы материалов по этому показателю.

## Литература

1. Ратнер С.Б., Ярцев В.П. Физическая механика пластмасс. – М.: Химия, 1992. – 186 с.
2. Yosi Bar, Hansjoerg Nitz. Новые возможности применения труб из сшитого полиэтилена // Пластические массы, 2006. №10, с. 48-49.
3. Двуглова Л.Я., Лурье Е.Г., Радюкевич О.В., Ратнер С.Б., Фарберова И.И. Износ (истирание) пластмасс и методы его оценки // Пластические массы, 1962. №1, с. 60-66.
4. Фарберова И.И., Ратнер С.Б., Лурье Е.Г., Гурман И.М., Игнатова Т.А., Носова Л.А. О влиянии некоторых рецептурных и технологических факторов на истирание пластмасс // Пластические массы, 1962. №9, с. 35-38.
5. Ратнер С.Б. ДАН СССР, т. 144. – 1962.-№2.
6. Ратнер С.Б., Фарберова И.И., Радюкевич О.В., Лурье Е.Г. Связь износостойкости пластмасс с другими механическими свойствами // Пластические массы, 1963. №7, с.38-42.
7. Гориловский М.И. Разработка оптимизированных технологических процессов производства напорных труб из сополимеров этилена с бутеном и гексеном и сшитого полиэтилена. Автореф. дисс. М., 2006.