

температура склеивания ($t_{ск}$) и прижимное давление (P) в процессе дублирования, причем зависимость $\Delta Q = f(t_{ск}, P)$ является обратнопропорциональной, а зависимости $P_p = f(t_{ск}, P)$ и $P_{разд} = f(t_{ск}, P)$ – прямопропорциональными.

Одновременно следует подчеркнуть, что для сохранения требуемых значений воздухопроницаемости при величинах ΔQ изменяющихся в пределах от 75 до 90 % процесс получения КФСМ необходимо осуществлять при скорости подачи материала на дублирование в пределах 2–3 м/мин, при сравнительно низких значениях $t_{ск}$ от 95 до 105°C, при умеренном давлении 100–120 г/см², обеспечивающих допустимые механические свойства КФСМ.

Таким образом, созданные математические модели для прогнозирования основных эксплуатационных характеристик КФСМ подтвердили обоснованность установленных закономерностей при реализации технологии дублирования, определив степень влияния каждого компонента в данном процессе.

Литература

1. Крыжановский В.К., Бурлов В.В. и др. Технические свойства полимерных материалов. - С.-Петербург: Профессия, 2005. - 235 с.
2. Генис А.В., Байдаков Б.В. и др. // Пластические массы. 2013. №5. С. 20 - 22.
3. Кузнецов А.В., Генис А.В. и др. // Химические волокна. 2015. №6. С. 68 - 74.
4. Шайдоров М.А. Клеевые материалы и клеевые соединения при производстве одежды: учебное пособие. - Витебск: ВГТУ, 2003. - 133 с.
5. Поциус А.В. Клеи, адгезия, технология склеивания. - С.-Петербург: Профессия, 2007. - 375 с.
6. Нетканые текстильные материалы. Методы испытаний нетканых полотен. Обзор. - М.: ЦНИИ и ТЭИМпро, 1984. - 61 с.
7. Воюцкий С.С. Аутогезия и адгезия. - М.: Ростехиздат, 1960. - 243 с.
8. Розанов Ю.А. Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика. - М.: Наука, 1985. - 320 с.

УДК 678

Естественная кратность вытяжки - базовая характеристика зоны пластического разрушения

В.Г. Колбая¹, В.В. Коврига²

¹ ООО "Климовский трубный завод", Климовск, Россия

² ООО "Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО", Москва, Россия
kovriga@polyplastic.ru

Разработана методика определения ЕКВ в зоне пластического разрушения полиэтиленовых труб при гидравлических испытаниях. Показано, что ЕКВ мало меняется при переходе от одноосного к двухосному нагружению. Проанализировано изменение соотношения поверхности к объёму для различных видов полиэтилена. Показано, что современный ассортимент трубных полиэтиленов позволяет получать материал со значениями ЕКВ, отличающимися друг от друга до двух раз.

Ключевые слова: полиэтиленовые трубы, пластическое разрушение, естественная кратность вытяжки

The method of determination of the natural extension ratio in plastic failure zone after hydraulic pressure test was develop. The volume of natural extension ratiometer in uniaxial and double axial loading conditions is the same. The ratio between surface and volume of the test pieces was analyzed for different kinds of polyethylene. It shows that for the different kinds of polyethylenethe natural extension ratiocan bevery different, up to two times.

Keywords: polyethylene pipe, plastic failure, the natural extension ratio

В практике оценки качества полимерных материалов и изделий широко используется оценка перехода от пластического разрушения к хрупкому. Однако подробная оценка параметров пластического разрушения обычно не производится.

В настоящей работе предпринята попытка использовать

для оценки пластического разрушения параметр естественной кратности вытяжки (ЕКВ).

ЕКВ формируется при одноосном растяжении в момент образования шейки, при двухосном растяжении в момент образования зоны пластического разрушения (килы). Параметр

ЕКВ обычно анализировался в процессах волокнообразования, как например Э.М. Айзенштейн [1] в 1983 году опубликовал данные о характере изменения ЕКВ на полиэфирных волокнах. Важность параметров ЕКВ состоит в том, что он мало зависит от внешних условий деформирования и практически определяется структурой полимера и особенностями перехода в ходе пластического разрушения. Методика определения параметра ЕКВ, как характеристики изменения отношения поверхности к объёму, обсуждалась А.Л. Волинским и Н.Ф. Бакеевым [2].

В работе предлагается методика и результаты определения ЕКВ при гидравлических испытаниях ПЭ труб, т.е. в условиях двухосного нагружения и сравнения данных по ЕКВ при одноосном и двухосном нагружении.

Гидравлические испытания труб выполнялись по ГОСТ ISO 1167-1-2013.

Изучалось проявление ЕКВ на трубах диаметром 110 и 160 мм, изготовленных из следующих материалов: ПЭ100 Н1000РС, ПЭ100 2НТ11-9, ПЭ80 РЕ4РР25В, ПЭ100 СРР100.

Методика определения ЕКВ базировалась на измерении толщины зоны пластического разрушения в различных её секторах. Методика анализа дана в стандарте организации [3]. По толщине зоны пластического разрушения и исходной толщине стенки трубы рассчитывалась кратность вытяжки. На рисунках 1, 2, 3, 4 приведены зависимости кратности вытяжки и характер её изменения по длине зоны пластического разрушения.

Как видно, максимальная кратность вытяжки достигается в средних зонах. Переходные зоны проявляют меньшие значения кратности вытяжки, чем зоны установившейся пластической деформации в средней части. По величинам кратности вытяжки именно в этой области производилась оценка ЕКВ, которая определялась, как среднее значение кратности вытяжки в зоне максимальных значений. На рисунках зона выделена линиями. Средняя линия соответствует величине ЕКВ определённой расчётом. Необходимо отметить, что в некоторых случаях происходит двухстадийное формирование зоны пластического разрушения. После формирования первичной зоны пластического разрушения наблюдается образование вторичной зоны, ось которой обычно перпендикулярна оси первичной зоны. Особенно чётко это проявляется на шитом полиэтилене. Поэтому на некоторых графиках проявляются зоны вторичного пластического разрушения с суммарно высокими кратностями вытяжки. Работа определения ЕКВ на шитом полиэтилене, показала, что ЕКВ сохраняются как при первичном формировании зоны пластического разрушения, так и при вторичном.

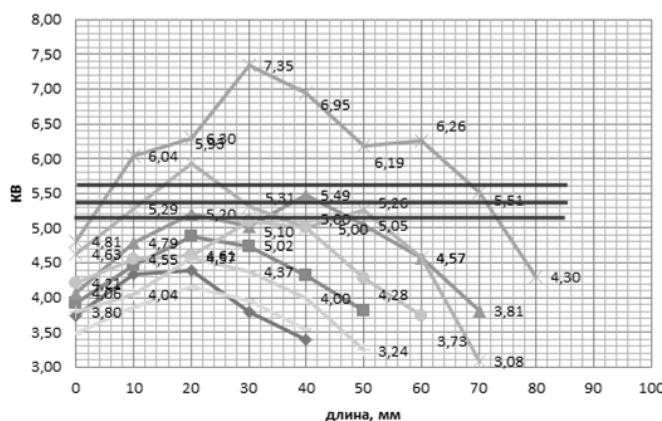


Рис. 1. Распределение кратности вытяжки по длине зоны пластического разрушения для ПЭ100 Н1000РС, ЕКВ = 5,3.

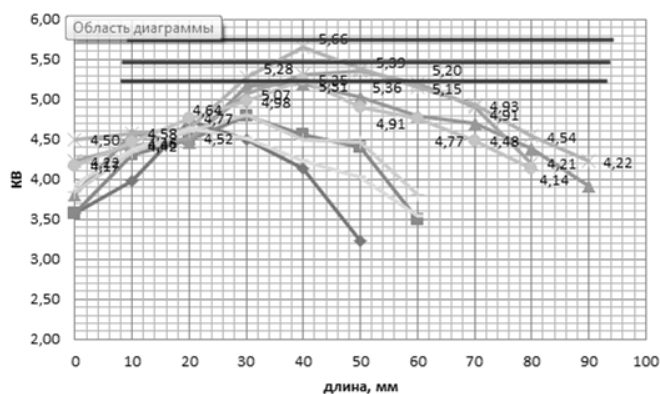


Рис. 2. Распределение кратности вытяжки по длине зоны пластического разрушения для ПЭ100 2НТ11-9, ЕКВ = 5,3.

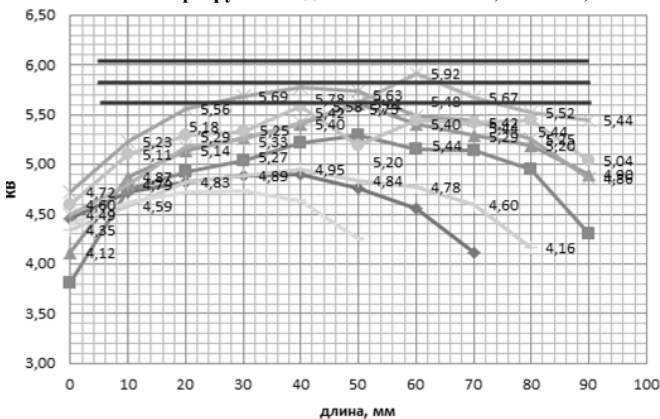


Рис. 3. Распределение кратности вытяжки по длине зоны пластического разрушения для ПЭ80 РЕ4РР25В, ЕКВ = 5,7.

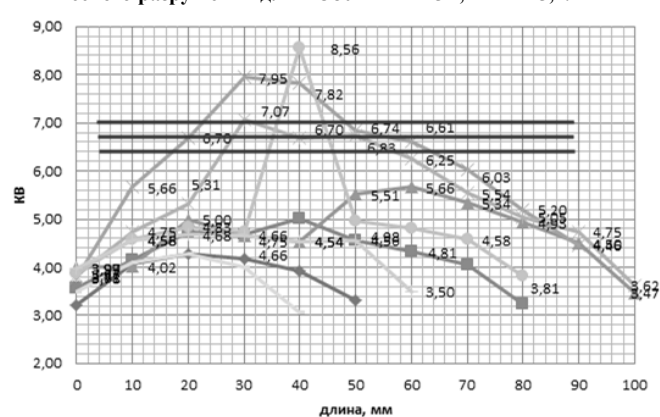


Рис. 4. Распределение кратности вытяжки по длине зоны пластического разрушения для ПЭ100 СРР100, ЕКВ = 6,7.

Одновременно с определением ЕКВ в зонах пластического разрушения на трубах проводились измерения ЕКВ при одноосном растяжении на образцах, выделенных из труб. В таблице № 1 приведены ЕКВ при одноосном и двухосном растяжении для четырёх видов полиэтилена. Видно, что значения показывают хорошую сходимость результатов при обоих видах нагружения.

Представляло интерес проанализировать отношение поверхности к объёму. Данные по характеру изменения отношения поверхности к объёму при различных кратностях вытяжки для разных материалов приведены на рисунке 5. При этом отношение поверхности к объёму протормировано по минимальному значению для шара. Как видно из полученных данных, трубные марки полиэтилена существенно отличаются по этому параметру, что характеризует различие в переходах к пластическому разрушению в разных видах полиэтилена.

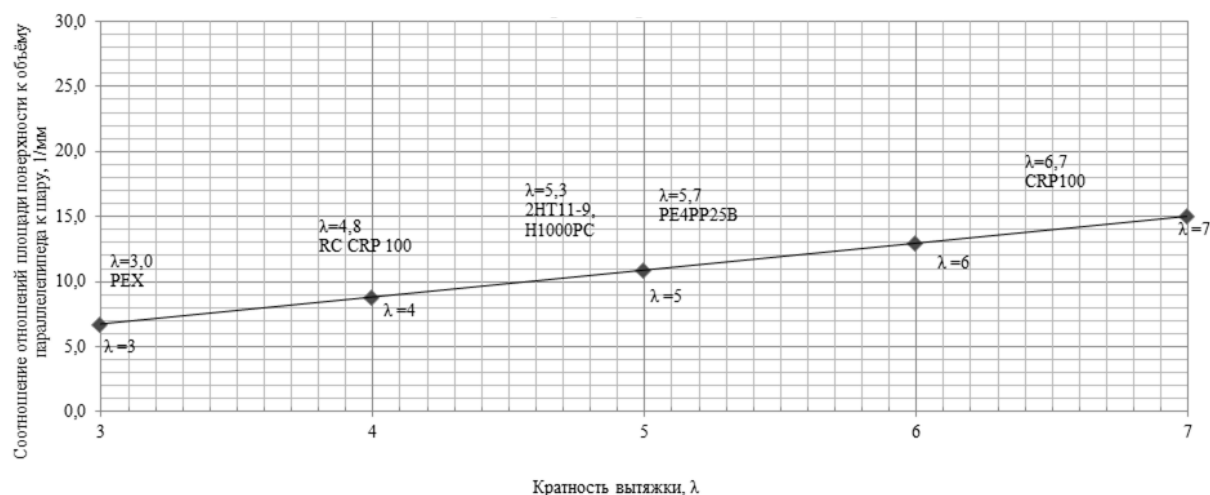


Рис. 5. Зависимость отношения поверхности к объёму, нормированного по минимальному значению для шара, от кратности вытяжки. Объём принимался 1 см³ для различных марок ПЭ.

Таблица 1.

Марка ПЭ	ЕКВ при двухосном растяжении	ЕКВ при одноосном растяжении
ПЭ100 H1000PC	5,3	5,0
ПЭ100 2HT11-9	5,3	5,4
ПЭ80 PE4PP25B	5,7	6,0
ПЭ100 CRP100	6,7	6,9

срока эксплуатации не наблюдается закономерного изменения ЕКВ и каждый из материалов сохраняет характерную для него ЕКВ.

Проведённая работа показала, что:

1. Параметр ЕКВ является стабильной величиной для каждого вида материалов.
2. ЕКВ характеризует свойства материалов при переходе к пластическому разрушению.
3. ЕКВ может быть использован в качестве критерия при анализе перехода от пластического разрушения к хрупкому.

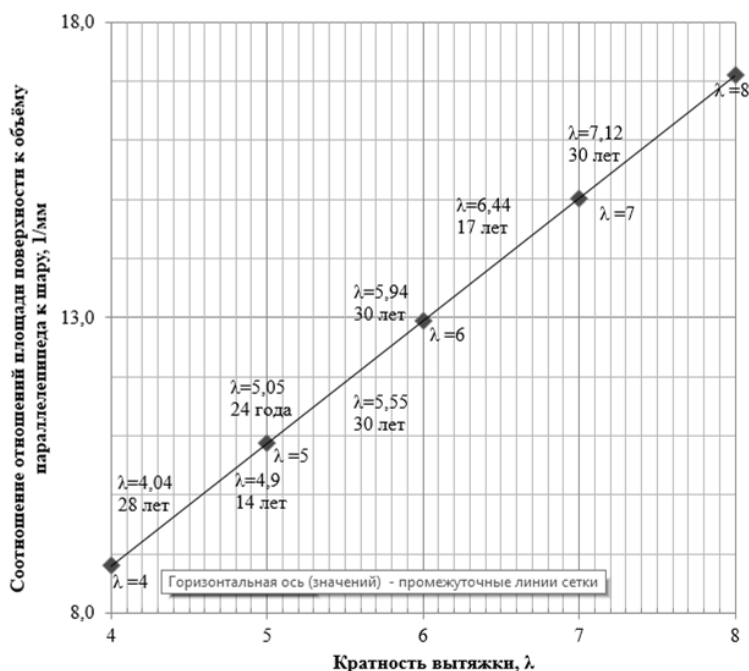


Рис. 6. Зависимость отношения поверхности к объёму, нормированного по минимальному значению для шара, от кратности вытяжки. Объём принимался 1 см³. Для полиэтилена, извлечённого из образцов труб с длительным сроком эксплуатации.

На рисунке 5 дополнительно к четырём ранее описанным материалам нанесены данные по ЕКВ для сшитого полиэтилена и полиэтилена с повышенной стойкостью к растрескиванию.

Кроме того была проанализирована картина изменения ЕКВ на трубных полиэтиленах с различным сроком эксплуатации. Данные приведены на рисунке 6. Как видно, с увеличением

Литература

1. Э.М. Айзенштейн. Разработка процессов производства полиэфирных волокон, основанных на принципах физической и химической модификации полиэтилентерефталата. Диссертация на соискание учёной степени д.т.н. Калинин 1983. С.68.
2. А.Л. Волынский и Н.Ф. Бакеев. Роль поверхностных явлений в структурно-механическом поведении твёрдых полимеров. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.-356с.
3. СТО 73011750-012-2014. Пластмассы. Метод определения параметров зоны пластического разрушения полимерных труб.