

Исследование роста эластичности в газовых полиэтиленовых трубах при длительном старении

Investigation of the growth of elasticity in gas polyethylene pipes during long-term aging

A.Г. ДЕМЕНТЬЕВА¹, А.В. КУЗНЕЦОВ², Е.В. ВЕСЕЛОВА³, В.Э. ПОТАПОВ³, В.В. КОВРИГА¹

A.G. DEMENTIEVA¹, A.V. KUZNETSOV², E.V. VESELOVA³, V.E. POTAPOV³, V.V. KOVRIGA¹

¹ ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК», Москва, Россия

² ОАО «ГИПРОНИИГАЗ», Москва, Россия

³ МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

¹ POLYPLASTIC Group, Moscow, Russia

² GIPRONIIGAZ, Moscow, Russia

³ MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

anna.dementeva@polyplastic.ru

Обнаружен факт увеличения эластичности полиэтиленовых газопроводов в процессе длительного старения. Предположительно увеличение эластичности связано с накоплением в стенке полиэтиленовой трубы меркаптанов, находящихся в природном газе. Показано, что конкретный механизм повышения эластичности в процессе длительной эксплуатации состоит в создании условий для развития вторичного шейкообразования.

Ключевые слова: полиэтиленовые трубы, меркаптаны в природном газе, естественная кратность вытяжки, относительное удлинение

The fact of increasing the elasticity of polyethylene gas pipelines in the process of long-term aging has been found. Presumably, the increase in elasticity is due to the accumulation of mercaptans present in natural gas in the wall of the polyethylene pipe. It is shown that a specific mechanism for increasing elasticity during long-term operation consists in creating conditions for the development of secondary necking.

Keywords: plastic pipes, mercaptans in natural gas, natural extension ratio, relative elongation

DOI: 10.35164/0554-2901-2022-11-12-51-52

Согласно нормативам ГАЗПРОМ, после того, как полиэтиленовая труба газопровода эксплуатировалась 40 лет, она должна быть продиагностирована для определения остаточного ресурса работы. Обычно при изучении потери ресурса изучают изменение механических и физико-химических свойств и свариваемости.

Типовой схемой изменения механических свойств является увеличение хрупкости и снижение относительного удлинения. Однако такая картина, как показал эксперимент, наблюдается не всегда. В данной статье описывается ситуация противоположная – когда материал труб после длительного срока эксплуатации

(более 30 лет) не снижает относительное удлинение, а наоборот, увеличивает его.

Объектом исследования были трубы, выпущенные по ТУ 6-19-051-538-85 [1]. По исследуемым трубам мы располагаем данными о механических свойствах как на момент заложения в траншею, так и в настоящее время. Результаты физико-механических испытаний приведены в таблицах 1 и 2.

В качестве основных причин увеличения относительного удлинения рассматривается накопление в материале соединений, которые являются примесями в транспортируемом газе.

Таблица 1. Результаты механических испытаний образцов полиэтиленовых труб 110 мм ПВД тип «Т», выполненных в октябре 1988 г.

№ обр.	Предел текучести σ_T , МПа*		Относительное удлинение, ξ , %*		Плотность, г/см ³	
	Образца	Средний	Образца	Средний	Образца	Средний
Трубный образец №1						
1	25,20	24,18	842	819	0,959	0,958
2	20,80		706		0,958	
3	25,30		842		0,958	
4	25,40		838		0,958	
5	24,20		866		0,957	
Трубный образец №2						
1	23,90	22,06	935	824	0,958	0,957
2	22,60		699		0,957	
3	21,30		805		0,957	
4	20,50		1000		0,958	
5	22,00		680		0,957	
Трубный образец №3						
1	21,6	22,76	986	980	0,958	0,957
2	24,2		850		0,958	
3	22,9		1032		0,957	
4	21,8		1022		0,957	
5	23,3		1010		0,957	

Примечание. *Скорость деформирования образцов – 50 мм/мин.

Таблица 2. Результаты механических испытаний образцов полиэтиленовых труб 110 мм ПВП тип «Т», выполненных в августе 2022 г.

№ обр.	Предел текучести σ_T , МПа*		Относительное удлинение ξ , %**		Плотность, г/см ³	
	Образца	Средний	Образца	Средний	Образца	Средний
Трубный образец №1						
1	19,77	20,32	> 1113	> 1113	0,961	0,963
2	20,62		> 1113		0,962	
3	19,98		> 1113		0,965	
4	19,92		> 1113			
5	21,30		> 1113			
Трубный образец №2						
1	19,98	20,10	> 1113	1084	0,959	0,961
2	19,66		> 1113		0,963	
3	20,63		> 1113		0,962	
4	20,25		968			
5	19,95		> 1113			
Трубный образец №3						
1	20,92	20,26	> 1113	> 1113	0,957	0,960
2	20,31		> 1113		0,961	
3	18,93		> 1113		0,959	
4	19,52		> 1113			
5	21,63		> 1113			
Примечание. * Температура воздуха при испытаниях составила 24°C, скорость деформирования образцов – 50 мм/мин. ** За базу для расчета ξ принята длина рабочей части образца (параллельной части), равная 60 мм.						

Наиболее характерными примесями в природном газе являются серосодержащие соединения – меркаптаны. Наличие в исследуемых трубах меркаптанов легко подтверждается органолептически при изготовлении образцов, поскольку меркаптаны выделяются со специфическим запахом в окружающий воздух сразу после начала механической обработки трубы. Таким образом, факт наличия в композиции меркаптанов подтверждается экспериментально.

Основные виды серосодержащих компонентов (меркаптанов) и хроматографический метод определения их концентрации в составе природного газа приведены в [2].

Исходя из наличия меркаптанов в природном газе, а также учитывая способность метана к диффузии через стенку полиэтиленовой трубы с установленным нормативом газовых потерь, интересно было выяснить вопрос – находится ли меркаптан в составе стенки полиэтиленовой трубы в виде продуктов, проникших в процессе диффузии, или существует химически присоединенная меркаптан-содержащая структура природного газа. Для этого были выполнены определения элементного состава образцов газовых труб, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты элементного анализа образцов газовых полиэтиленовых труб.

Образец	Элементный анализ*			
	%C	%H	%N	%S
№57-3	84,93	14,19	0	0
№58-2	85,21	14,14	0	0
№59-4	85,31	14,15	0	0
№60-3	95,27	14,08	0	0
№61-1	85,07	13,83	0	0
№62-3	84,89	13,72	0	0

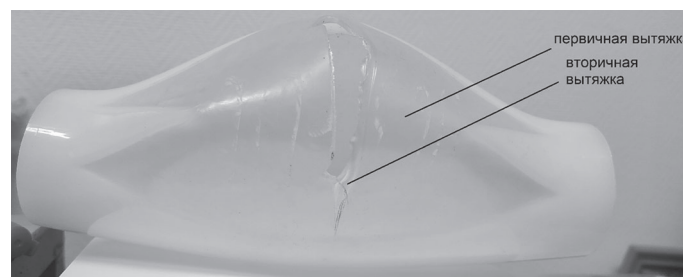
*Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП РТУ МИРЭА при поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения №075-15-2021-689 от 01.09.2021 г.

Как видно из приведенных данных, во всех исследованных образцах отсутствуют химически присоединенные соединения серы. Таким образом, находящиеся в составе стенки полиэтиленовой трубы меркаптаны являются продуктами диффузионного проникновения.

Наличие в материале стенки трубы меркаптанов, проникших в материал вследствие диффузии вместе с природным газом, показывает, что, возможно, имеет место пластификация меркаптанами полукристаллического полиэтилена. Наличие пластификации подтверждается данными по величинам предела текучести, определенных до начала и после 30-летней эксплуатации. Как видно

из данных, приведенных в таблицах 1 и 2, во всех случаях после длительной эксплуатации величина предела текучести понижается приблизительно на 10%.

Представляло интерес проанализировать, как изменяется при этом показатель, связанный с возникновением естественной кратности вытяжки. Естественная кратность вытяжки была исследована на образцах в виде двойной лопатки. При этом было показано, что первоначальное шейкообразование возникает при величинах естественной кратности вытяжки «1» для ПЭ – 4,3–4,5, затем материал продолжает деформироваться и возникает вторичная вытяжка при значениях естественной кратности вытяжки «2» около 7. Ранее было показано, что естественная кратность вытяжки может развиваться одна за другой и иметь разные значения [3]. На рис. 1 представлены две зоны естественной кратности вытяжки, зона 1 – первичная вытяжка, зона 2 – вторичная с большим показателем естественной кратности вытяжки.

**Рис. 1. Пример образования вторичной шейки на полимерной трубе.**

Показано, что конкретный механизм повышения эластичности в процессе длительной эксплуатации состоит в создании условий для развития вторичного шейкообразования.

Следует учитывать, что поскольку содержание меркаптанов в природном газе различается между регионами, то диагностику потери ресурса газовыми трубами необходимо проводить с учетом районов эксплуатации.

Литература

1. ТУ 6-19-051-538-85 Трубы из полиэтилена низкого давления для газопроводов. Технические условия.
2. ГОСТ Р 53367-2009 Газ горючий природный. Определение серосодержащих компонентов хроматографическим методом.
3. Колбая В.Г., Коврига В.В., Пятин И.Н. Анализ зоны пластического разрушения при двухосном растяжении полимерных труб из сшитого и термопластичного полиэтилена. Пластические массы, 2018, №1–2, с. 39–43.