

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2021.62.99.029

Анализ методов измерения механических свойств полиэтиленовых труб и их метрологического обеспечения

Тарасова Алена Александровна

Выпускник,
Санкт-Петербургский горный университет,
199106, Российская Федерация, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., 2;
e-mail: aat15s@yandex.ru

Аннотация

В статье описаны и применены методы измерения механических свойств полиэтиленовых труб с представлением полученных результатов измерений в виде сравнительной диаграммы. Выбран и обоснован более предпочтительный метод оценки состояния трубопроводов, для него предложены элементы метрологического обеспечения. Сырьевая отрасль, базирующаяся на добыче и транспортировке нефтепродуктов, является ключевой для современной российской экономики, так как за ее счет формируется большая часть бюджета РФ. Отсюда вытекает необходимость в более тщательном контроле за состоянием материально-технической базы, обеспечивающей нормальное функционирование системы, а также инфраструктуры, обеспечивающей передачу продукта – непосредственно трубопроводов или труб в частности, так как они с течением времени подвергаются износу. Была поставлена задача выбрать наиболее эффективный метод неразрушающего контроля механических свойств полиэтиленовых труб и разработать для него основные элементы метрологического обеспечения.

Для цитирования в научных исследованиях

Тарасова А.А. Анализ методов измерения механических свойств полиэтиленовых труб и их метрологического обеспечения // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Том 11. № 7А. С. 233-238. DOI: 10.34670/AR.2021.62.99.029

Ключевые слова

Развитие, экономика, структура, динамика, формирование.

Введение

Исследования механических свойств полиэтиленов проводились четырьмя методами: испытания на растяжение, статический метод измерения твердости по Шору (тип D), динамический метод измерения твердости по Либу и метод инструментального динамического индентирования (ИДИ).

Испытание на растяжение (определение предела текучести) проводится на образце, изготовленном по ГОСТ 11262-2017 [ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012) Пластмассы. Метод испытания на растяжение, www], устанавливаемом в разрывную машину, которая фиксирует образец и применяет к нему возрастающее усилие до разрушения материала. Метод измерения твердости по Шору заключается в измерении глубины вдавливания в материал плоского штампа или острого индентора [Потапов, 2017] под действием заданной силы. Твердость при вдавливании обратно пропорциональна глубине вдавливания и зависит от модуля упругости и вязкоэластичных свойств материала [Сясько, Уманский, Никазов, 2019]. Ударный динамический метод осуществляется при помощи прибора с чувствительным датчиком и блоком обработки данных с программным обеспечением. В процессе измерения фиксируются время удара и его активного и пассивного этапов, на основании которых получают значения твердости, скорости отскока и подлета и т.д. [Сясько, 2014]. Метод ИДИ отличен от ударного динамического метода формой бойка датчика, степенью точности обработки данных и использованием специального программного обеспечения.

Основная часть

Были проведены серии измерений образцов полиэтиленовых труб разного срока эксплуатации. Результаты измерений механических свойств полиэтиленовых труб четырьмя методами представлены на рисунке 1.

Результаты, полученные методами твердометрии, достаточно коррелируют между собой и с референтным методом, при этом выявлено, что методы Шора и Либа характеризуются большим случайным разбросом и не позволяют получить информацию, достаточную для сравнения характеристик реальных объектов. Однако более предпочтительным является метод ИДИ, так как он характеризуется незначительной случайной составляющей погрешности, и полученный результат с высокой степенью точности коррелирует с результатами испытаний на растяжение, также метод позволяет сохранить целостность конструкции и удобен в применении.

Метрологическое обеспечение измерений (МОИ), согласно ГОСТ Р 8.820-2013 «Метрологическое обеспечение. Основные положения», есть систематизированный, строго определенный набор средств и методов, направленных на получение измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми для выработки решений по приведению объекта управления в целевое состояние [ГОСТ Р 8.820-2013 Метрологическое обеспечение. Основные положения, 2019]. Метрологическое обеспечение метода ИДИ не стандартизировано, отсюда возникает вопрос: каким образом может быть достигнуто единство измерений и обеспечена точная передача единицы физической величины твердости? Поверочная схема позволит визуализировать процесс передачи единицы твердости, обозначив некоторые границы допустимых погрешностей. Так как для полиэтилена на данный момент не существует подобной ГПЭ, встает задача разработки ее проекта.

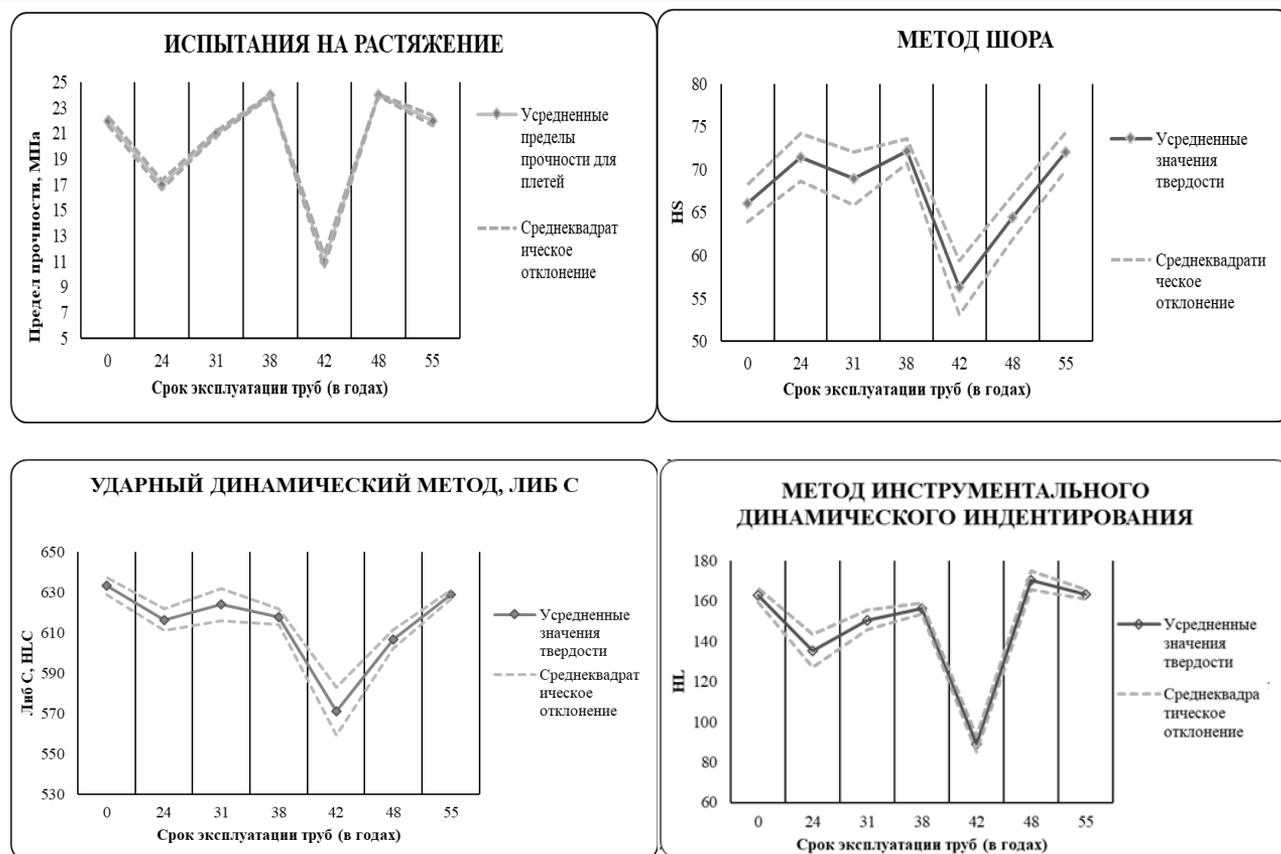


Рисунок 1 - Результаты измерения механических свойств полиэтиленов

В условиях отсутствия эталона для метода ИДИ достаточно сложно построить поверочную схему, поэтому на данном этапе для организации комплектной поверки или калибровки нужно подобрать материал с известными характеристиками, который станет мерой твердости – то есть, стандартный образец.

Существуют разнообразные диапазоны механических свойств, которые контролируются путем их измерения твердомерами, и в частности для твердости они делятся на три диапазона: меньше 500 HLD для пластиков (мягкие материалы), от 500 до 700 HLD для металлов (средней плотности и твердости) и более 700 HLD для кристаллов (твердые материалы). Стандартный подход метрологического обеспечения твердомеров заключается в принципе «на каждый диапазон – эталонная мера».

Как правило, для метода наноиндентирования в качестве эталонных мер используются поликарбонат, плавленый кварц и сапфир – на каждый поддиапазон по стандартному образцу. Так как метод ИДИ относится к методам микротвердометрии, для полиэтилена представляется возможным использование в качестве меры материала, схожего с поликарбонатом, – таким материалом можно назвать пиролитический графит.

Пирографит – диамагнетик, получаемый осаждением газообразных продуктов пиролиза углеводородов (в интервале 750–2400°C), характеризующийся высокой термической стойкостью и отсутствием открытой пористости.

В целях подтверждения возможности использования пирографита в качестве стандартного образца была проведена серия измерений на полиэтилене и пирографите, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сопоставление результатов, полученных на образцах полиэтилена и пирографита

Параметр	Значение параметра		Единицы измерения
	Полиэтилен	Пирографит	
Твердость	173	658	МПа
Модуль упругости	1,26	6	Гпа
Прочность	83,26	401,2	Дж
Энергия упругого деформирования	0,00087	0,0002	Дж
Энергия вязкого деформирования	0,0014	0,0005	Дж

Значение твердости пирографита находится в диапазоне измерения данного механического параметра прибором ИСПГ, то есть пиролитический графит может быть предложен для использования в качестве стандартного образца для метрологического обеспечения метода ИДИ.

Была проведена серия измерений прибором ИСПГ на предложенном в качестве стандартного образца пирографите, в таблице 2 представлены значения стандартных отклонений полученных значений параметров (СКО), а также оценено отклонение средних значений измеренных параметров от выбранной меры для решения конкретной задачи.

Таблица 2 - Анализ данных, полученных при калибровке прибора ИСПГ на мере

Параметр	Твердость	Модуль упругости	Прочность	Энергия упругого деформирования	Энергия вязкого деформирования	Время удара	Максимальное контактное усилие	Контактное усилие при максимальном внедрении
Среднее	690	5,7	463	2,5	4,4	111	142,7	140,8
Отклонение от меры	32	0,3	62	0,25	0,6	3	11,7	7,8
СКО	3,02	0,08	2,94	0,07	0,07	2,04	2,36	1,99

Заключение

Обеспечение единства измерений при использовании стандартного образца заключается в признании установленного значения меры за так называемую «нулевую» точку отсчета, которая позволит оценить единство показаний приборов, считывающих значение контролируемой физической величины. В данном случае пирографит выполняет функцию подобной «точки отсчета», и с его помощью на основании полученных данных и расчета стандартного отклонения твердости (и прочих параметров) прибор ИСПГ был откалиброван.

Предложенная мера была использована для решения конкретной задачи – калибровки прибора, реализующего метод инструментального динамического индентирования на полиэтиленах, и на данном этапе в условиях отсутствия ГПЭ стандартный образец позволяет сохранять единство измерений.

Библиография

1. ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012) Пластмассы. Метод испытания на растяжение. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200158280>.
2. ГОСТ Р 8.820-2013 Метрологическое обеспечение. Основные положения. М.: Стандартиформ, 2019.
3. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации и метрологии. М.: Аудит, 1998. 462 с.
4. Кулаков М.В., Макаров Б.И. Измерение температуры поверхности твердых тел. М.: Энергия, 1969. 142 с.
5. Ландау Л.Д., Лившиц. Статистическая физика. М.: Наука, 1964. 568 с.
6. Линеверг Ф. Измерение температур в технике. М.: Металлургия, 1980. 544 с.
7. Потапов А.И. Косвенная оценка функции формы индентора для контроля физико-механических свойств методом инструментального индентирования // Контроль. Диагностика. 2017. № 2. С. 28-32.
8. Сясько В.А. Метрологическое обеспечение динамических методов измерения твердости в Российской Федерации: существующие проблемы и пути их решения // В мире неразрушающего контроля. 2014. № 1 (63). С. 69-76.
9. Сясько В.А., Уманский А.С., Никазов А.А. Контроль механических свойств портативными твердомерами: преимущества, ограничения, перспективы. СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2019.
10. Шнейдер П. Инженерные проблемы теплопроводности. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. 478 с.

Analysis of methods for measuring the mechanical properties of polyethylene pipes and their metrological support

Alena A. Tarasova

Graduate of the Saint Petersburg Mining University,
199106, 2 liniya 21-ya V.O., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: aat15s@yandex.ru

Abstract

The article describes and applies methods for measuring the mechanical properties of polyethylene pipes with the presentation of the obtained measurement results in the form of a comparative diagram. A more preferable method for assessing the state of pipelines was selected and substantiated; elements of metrological support were proposed for it. The raw materials industry, based on the production and transportation of petroleum products, is a key one for the modern Russian economy, since most of the budget of the Russian Federation is formed at its expense. This implies the need for more careful monitoring of the state of the material and technical base, ensuring the normal functioning of the system, as well as the infrastructure that ensures the transfer of the product – directly pipelines or pipes in particular, since they are subject to wear over time. The task was to select the most effective method for non-destructive testing of the mechanical properties of polyethylene pipes and to develop the main elements of metrological support for it.

For citation

Tarasova A.A. (2021) Analiz metodov izmereniya mekhanicheskikh svoistv polietilenovykh trub i ikh metrologicheskogo obespecheniya [Analysis of methods for measuring the mechanical properties of polyethylene pipes and their metrological support]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 11 (7A), pp. 233-238. DOI: 10.34670/AR.2021.62.99.029

Keywords

Development, economy, structure, dynamics, formation.

References

1. GOST 11262-2017 (ISO 527-2:2012) Plastmassy. Metod ispytaniya na rastyazhenie [GOST 11262-2017 (ISO 527-2: 2012) Plastics. Tensile test method]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200158280> [Accessed 12/06/2021].
2. *GOST R 8.820-2013 Metrologicheskoe obespechenie. Osnovnye polozheniya* [GOST R 8.820-2013 Metrological support. Basic provisions] (2019). Moscow: Standartinform,.
3. Krylova G.D. (1998) *Osnovy standartizatsii, sertifikatsii i metrologii* [Basics of standardization, certification and metrology]. Moscow: Audit Publ.
4. Kulakov M.V., Makarov B.I. (1969) *Izmerenie temperatury poverkhnosti tverdykh tel* [Measurement of surface temperature of solids]. Moscow: Energiya Publ.
5. Landau L.D., Livshits (1964) *Statisticheskaya fizika* [Statistical physics]. Moscow: Nauka Publ.
6. Lineveg F. (1980) *Izmerenie temperatur v tekhnike* [Measurement of temperatures in technology]. Moscow: Metallurgiya Publ.
7. Potapov A.I. (2017) Kosvennaya otsenka funktsii formy indentora dlya kontrolya fiziko-mekhanicheskikh svoystv metodom instrumental'nogo indentirovaniya [Indirect evaluation of the function of the shape of the indenter for the control of physical and mechanical properties by the method of instrumental indentation]. *Kontrol'. Diagnostika* [Kontrol. Diagnostics], 2, pp. 28-32.
8. Syas'ko V.A. (2014) Metrologicheskoe obespechenie dinamicheskikh metodov izmereniya tverdosti v Rossiiskoi Federatsii: sushchestvuyushchie problemy i puti ikh resheniya [Metrological support of dynamic methods for measuring hardness in the Russian Federation: existing problems and ways to solve them]. *V mire nerazrushayushchego kontrolya* [In the world of non-destructive testing], 1 (63), pp. 69-76.
9. Syas'ko V.A., Umanskii A.S., Nikazov A.A. (2019) *Kontrol' mekhanicheskikh svoystv portativnymi tverdomerami: preimushchestva, ogranicheniya, perspektivy* [Control of mechanical properties with portable hardness testers: advantages, limitations, prospects]. Saint Petersburg: Saint Petersburg Mining University.
10. Shneider P. (1960) *Inzhenernye problemy teploprovodnosti* [Engineering problems of thermal conductivity]. Moscow: Izd-vo inostrannoi literatury Publ.