

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ

Косихин З.С., Павлюк М.Е.

Научный руководитель доцент Н.В. Гончаров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Оценка остаточного ресурса является одной из важнейших задач при сооружении и эксплуатации действующих магистральных трубопроводов нефти и газа. Дegradaция металла в процессе эксплуатации является основной причиной усталостного разрушения труб. Для оценки степени деградации используются показатели физико-механических свойств металла, которые в процессе эксплуатации изменяются под влиянием различных факторов, в том числе коррозии, химического взаимодействия металла с транспортируемой средой, старения и др. Как показывают исследования, оценка степени деградации трубопроводных сталей при длительной эксплуатации возможна по результатам измерения твердости [4]. В тоже время, отмечено, что среднего значения твердости недостаточно для оценки текущего состояния трубопроводных сталей и требуется дополнительно учитывать параметры распределения значений, полученных с помощью массовых измерений [1, 2].

Для массовых измерений твердости в полевых условиях в настоящее время широко применяются динамические методы измерений, которые отличаются достаточной точностью и высокой производительностью [3]. Пониженный уровень механического воздействия современных динамических твердомеров на испытываемые образцы позволяет применять их в качестве средств измерения при проведении неразрушающего контроля.

Задачей исследования являлось определение параметров твердости образцов труб, находившихся в длительной эксплуатации динамическим методом с использованием портативного прибора, и последующая оценка текущего состояния металла. В качестве исследуемых образцов использовались образцы, вырезанные из участков действующего магистрального газопровода-отвода с внешним диаметром 530 мм, толщиной стенки 7 мм. Сталь CSN 1.0562 аналог 10Г2С1, год выпуска 1985. В качестве эталонов для калибровки и сравнения параметров оценок твердости использовались стандартные меры твердости по Бринеллю МТБ-1.

Определение характеристик твердости производилось в лабораторных условиях при температуре 23°C. Перед началом измерений была произведена шлифовка поверхностей всех образцов с применением шлифовальной машинки. Для проведения исследования с помощью струбцин на наружной и внутренней поверхности образцов были закреплены две металлические линейки (рис. 1, 2). Линейка № 1 размещалась по направлению вдоль дуги образца, зажималась струбцинами и в процессе исследования не перемещалась, линейка №2 размещалась перпендикулярно линейке №1 и прикладывалась к ней своей торцевой поверхностью, после чего зажималась. Далее производилась серия из 60 измерений при перемещении ударного датчика с шагом 2 мм вдоль линейки №2. После этого, линейка №2 перемещалась на 2 мм вдоль линейки №1, вновь закреплялась и производилась следующая серия измерений. Количество серий на каждой поверхности равнялось 17. По результатам измерений получены 1020 значений на внешней и внутренней поверхности образца. На эталоне меры твердости МТБ-1 были проведены 315 измерений с шагом 2 мм. На рис. 3, 4 представлены поверхности образца и эталона после измерения твердости.

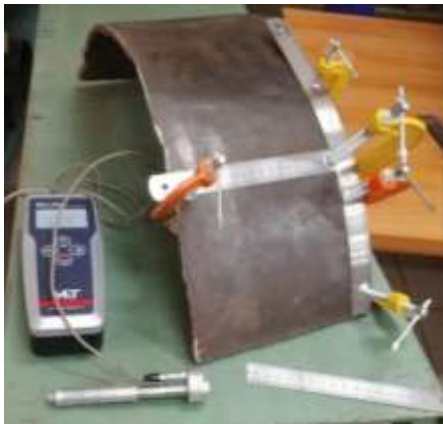


Рис. 1. Закрепление линеек на наружной поверхности



Рис. 2. Закрепление линеек на внутренней поверхности

Плотности распределения полученных значений твердости для наружной и внутренней поверхностей образца представлены на гистограммах (рис. 5,6). В процессе статистической обработки, проводимой в программе Excel, определялись следующие показатели: размах вариации (R), максимальное значение (Max), минимальное значение (Min), среднее значение (H), медиана (Me), мода (Mo), среднее квадратичное отклонение (σH), коэффициент эксцесса (KH), коэффициент асимметрии (AH), дисперсия ($D(X)$), коэффициент вариации (CV). Значения оценок показателей распределения представлены в табл.

Анализ по результатам статистической обработки показал, что среднее значение твердости для наружной и внутренней поверхностей образца близки и соответственно составляют 119,2 НВ и 120,1 НВ. При этом значение показателя дисперсии и коэффициента вариации существенно отличаются. Большие значения характерны для наружной поверхности $D(X)=61,9$; $CV=6,6$. Для внутренней поверхности $D(X)=35,3$; $CV=4,94$. Полученные значения

СЕКЦИЯ 15. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

подтверждают то, что деградация внешней поверхности трубы после длительной эксплуатации больше, чем у внутренней поверхности. Для сравнения, у эталона значения $D(X)=10,8$; $CV=2,54$.



Рис. 3. Поле измерений на внутренней поверхности образца

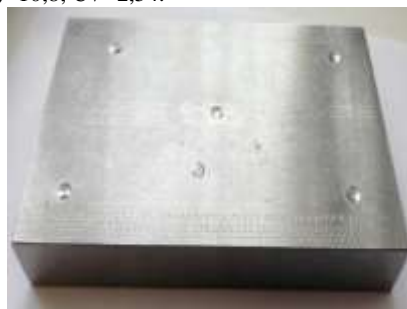


Рис. 4. Поля измерений на эталоне

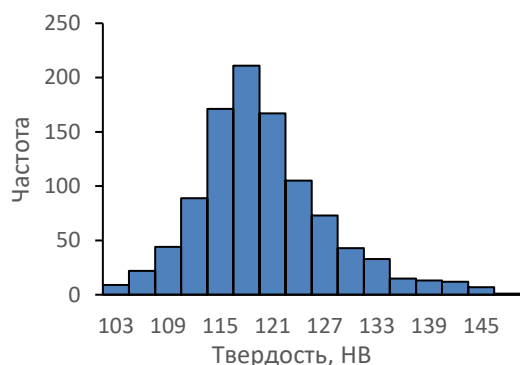


Рис. 5. Гистограмма значений твердости на внешней поверхности образца

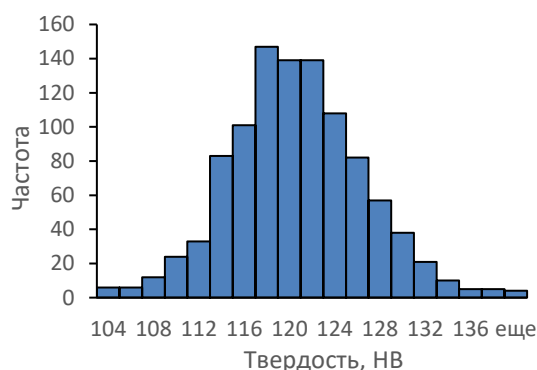


Рис. 6. Гистограмма значений твердости на внутренней поверхности образца

Таблица

Оценки показателей твердости

Вид образца	N	R	Min	Max	\bar{H}	Me	Mo	$D(X)$	σH	KH	AH	CV
Эталон	315	20	120	140	129,7	130	128	10,8	3,3	0,4	0,01	2,54
Образец снаружи	1020	56	100	156	119,2	118	118	61,9	7,9	1,9	0,99	6,60
Образец внутри	1020	38	102	140	120,1	120	118	35,3	5,9	0,3	0,18	4,94

Произведены измерения твердости образца трубы магистрального газопровода, находящегося в длительной эксплуатации, с использованием портативного динамического твердомера. Получены значения параметров твердости образца на внешней и внутренней поверхностях. На основании анализа результатов статистической обработки параметров твердости, установлено, что деградация внешней поверхности трубы, после длительной эксплуатации, больше, чем внутренней поверхности.

Литература

1. Контроль текущего состояния металла труб действующих газопроводов. Метод исследования и результаты / А.А. Лебедев, Н.Р. Музыка, Н.Л. Волчек, С.А. Недосека // Проблемы прочности. – 2003. – № 2. – С. 29-36.
2. Разработка метода оценки остаточного ресурса основного металла труб нефтегазопроводов на основе измерения твердости с малой нагрузкой: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 25.00.19 / Михалев Андрей Юрьевич; [Место защиты: Ухтин. гос. техн. ун-т]. – Ухта, 2012. – 23 с.
3. Фаюстов, А.А. Инновационные методы при измерениях твердости материалов / А.А. Фаюстов, О.Д. Новокшопова // Научно-технологические инновации (XXIV научные чтения): Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 21–22 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 454-459.
4. Формирование параметрических моделей для мониторинга изменения свойств материалов в процессе эксплуатации газопроводов / В.А. Субботин, Ю.В. Колотилов, С.К. Ивашко, В.Ю. Смирнова // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2017. – № 3. – С. 18-23.