

ДИАГНОСТИКА ТРУБОПРОВОДОВ ИНДЕНТИРОВАНИЕМ¹

© 2020 г. М.М. Матлин*, Владимир Андреевич Казанкин** , Е.Н. Казанкина***

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, г. Волгоград, пр-кт им. В.И. Ленина, д. 28*

* – *matlin@vstu.ru*; ** – *kazankin_ymr@mail.ru*; *** – *kazankina_elen@mail.ru*

Цель настоящей работы состоит в оперативной оценке металла после длительной эксплуатации, в частности, материала трубопроводов. Такая оценка необходима для обеспечения прочности и техногенной безопасности металлоизделий.

Проблема состоит в том, что многие технические объекты находятся в эксплуатации длительное время (например, ряд магистральных трубопроводов работает более 50 лет [1]). При возможном экстремальном нагружении трубопровода напряжения, возникающие в материале труб, приближаются к пределу текучести. Это создает условия для деформационного старения материала, следствием которого является охрупчивание металла [2].

Для определения прочности материала в местах выхода на поверхность опасных сечений и в местах концентрации напряжений широкое распространение получили неразрушающие методы определения прочностных свойств по результатам индентирования [3, 4]. В работе [3] при исследовании металла в процессе длительной эксплуатации показано, что характеристикой степени охрупчивания металла может служить отношение условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ к временному сопротивлению σ_B . Чем ближе это отношение к единице, тем больше вероятность перехода металла из вязкого состояния в хрупкое. Поэтому отношение $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ можно использовать для оценки и прогнозирования степени деградации металла стареющего оборудования.

В работе [5] для определения остаточного ресурса металла трубопроводов предложена методика определения отношения $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ в зависимости от уровня пластической деформации, величина которой определяется путем испытания образцов, вырезанных из трубопровода. В работе [6] предложен неразрушающий метод определения отношения $\sigma_{0,2}/\sigma_B$, который базируются на закономерностях первоначально точечного упругопластического контакта детали и сферического индентора, а их отношение определяется в зависимости от пластической твердости НД

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00049, и при поддержке РФФИ и Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-48-340002, а также в рамках конкурса МК-2021 (грант Президента РФ № МК-84.2021.4)

[7] по формуле

$$\sigma_{0,2}/\sigma_B = (2,2 \cdot 10^{-5} \cdot \text{НД})^{245/\text{НД}}. \quad (1)$$

Экспериментальная проверка формулы (1) выполнена на сталях различного уровня прочности: погрешность определения отношения $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ не превышает, как правило, 5% (по сравнению с испытанием образцов на растяжение с помощью программно-технического комплекса для испытания металлов ИР 5143–200) и имеет характер двустороннего разброса.

Для практического использования описанной методики в процессе мониторинга состояния материала трубопроводов можно использовать портативные переносные твердомеры статического или ударного действия, подробный обзор которых приведен в работе [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурнашев А.В., Большаков А.М.* Исследование ударной вязкости сталей магистрального трубопровода после 50-летней эксплуатации в условия крайнего севера // V11 Международная научная конференция "Проблемы механики современных машин". Улан-Уде. 2018. С. 156-160.
2. *Кузьбожев А.С., Агинец Р.В., Смирнов О.В.* Применение электронной микроскопии в исследованиях деформационного старения материала трубопроводов Заводская лаборатория // Диагностика материалов. 2007. Т. 73. №10. С. 37-41.
3. *Матюнин В.М.* Индентирование в диагностике механических свойств материалов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2015. 288 с.
4. *Белослудцев Т.Н., Котоломов А.Ю., Ковех В.М., Овсянников Е.Н., Чернышов А.В.* Оценка механических свойств основного металла и металла сварных соединений трубопроводов неразрушающим (безобразцовым) методом по измерению твердости // Территория "Нефтегаз". 2014. № 8. С. 36-40.
5. Патент 2221231 Российская Федерация, МКИ G01 N 3/00 Способ определения остаточного ресурса металла магистрального трубопровода / *Б.В. Будзуляк, В.В. Кудрявцев и др.* Оpubл. 10.01.04. Бюл № 1.
6. *Матлин М.М., Мозгунова А.И., Казанкина Е.Н., Казанкин В.А.* Методы неразрушающего контроля прочностных свойств деталей машин. М.: Инновационное машиностроение, 2019. 247 с.
7. ГОСТ 18835-73. Металлы. Метод измерения пластической твердости. – Введ. 01.01.74 (ограничение срока действия снято Межгосударственным Советом стандартизации, метрологии и сертификации, протокол №3-93, ИУС №5/6, 1993 г.).
8. *Матлин М.М., Казанкин В.А., Казанкина Е.Н., Костюков В.А.* Контроль твердости крупногабаритных металлоизделий (обзор публикаций) // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2020. № 10. С. 30-33.