

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИСПЫТАНИЯ НА ИЗГИБ

© 2025 г. **Константин Евгеньевич Мызнов^{1*}**, Д.Г. Ксенофонтов^{1**}, С.В. Афанасьев¹,
О.Н. Василенко^{1***}, В.Н. Костин^{1****}, А.Н. Бондина², А.С. Топорищев²,
С.С. Кукушкин², А.С. Саломатин²

¹ – Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, 620108 Екатеринбург,
ул. С. Ковалевской, д. 18

² – ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», 620000 Екатеринбург, ул. К. Цеткин, д. 14

* - myznov@imp.uran.ru; ** - ksenofontov@imp.uran.ru;

*** - vasilenko@imp.uran.ru; **** - kostin@imp.uran.ru

Магистральные трубопроводы в процессе работы испытывают деформации, которые могут привести к разрушению трубы. Распространённым типом деформации является прогиб трубы в результате внешнего воздействия или под собственным весом [1, 2]. Оценка напряженно-деформированного состояния изогнутой трубы с помощью магнитного контроля представлена в работах [3, 4], но контроль осуществлялся по одной характеристике, что влечёт за собой недостатки, связанные с неоднозначностью определения напряжений [5, 6], поэтому актуальной задачей является разработка многопараметрового неразрушающего контроля трубопроводов.

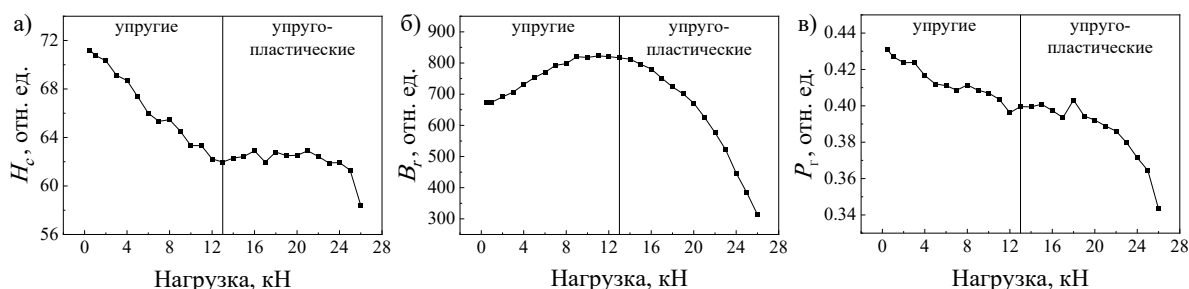


Рис. 1. Зависимости коэрцитивной силы (а), остаточной магнитной индукции (б) и площади петли гистерезиса (в) от приложенной изгибающей нагрузки

Для определения взаимосвязи между магнитными характеристиками, полученными с помощью аппаратно-программной системы DIUS-1.21M [7], и напряженно-деформированным состоянием, возникающем при изгибе, было проведено испытание на статический трёхточечный изгиб образца из трубной стали 17Г1С. При разных приложенных к образцу изгибающих нагрузках при измерениях в середине образца были получены петли гистерезиса, по которым определялись следующие характеристики: коэрцитивная сила H_c , остаточная магнитная индукция B_r и площадь петли гистерезиса P_γ . Причём приложенные нагрузки превышали предел упругости. Полученные результаты показаны на рис. 1, по которым сделаны следующие выводы:

- при увеличении изгибающей нагрузки значения H_c в упругой области уменьшаются, а в упруго-пластической почти не меняются и только в самом конце испытания начинают падать;

- значения B_T в упругой области растут, а в упруго-пластической – падают;

- значения площади петли гистерезиса P_T имеют тенденцию к незначительному уменьшению при упругих и слабых упруго-пластических деформациях, а ближе к концу испытания начинают заметно падать;

- лучшая чувствительность к изгибающей деформации наблюдается у значений B_T .

В упругой области можно однозначно определять изгибающие напряжения по H_c . В упруго-пластической области при нагрузке выше 20 кН наиболее чувствительным и однозначным параметром является B_T , а при упруго-пластических напряжениях до 20 кН необходим многопараметровый контроль.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИФМ УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Ю.В., Соловей В.О., Свирида М.М., Кузьбожев А.С. Напряженно-деформированное состояние газопровода, приводящее к аварийному разрушению // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2009. № 7. С. 42–45.
2. Игнатик А.А. Расчетно-экспериментальная оценка напряженного состояния трубопровода под воздействием изгибающей нагрузки и внутреннего давления // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2021. № 2(146). С. 114–126.
3. Садртдинов Р.А., Гейцан В.Б., Рыбалко В.Г., Новгородов Д.В. Исследование напряженного состояния стенки трубы с неоднородными остаточными напряжениями при изгибе // Дефектоскопия. 2012. № 1. С. 75–86.
4. Агиней Р.В., Леонов И.С. Исследование изменения коэрцитивной силы и параметров твердости стенок трубы при деформировании изгибом // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2012. № 3(31). С. 39–42.
5. Горкунов Э.С., Мушников А.Н. Магнитные методы оценки упругих напряжений в ферромагнитных сталях (обзор) // Контроль. Диагностика. 2020. Т. 23. № 12(270). С. 4–23.
6. Костин В.Н., Смородинский Я.Г. Многоцелевые аппаратно-программные системы активного электромагнитного контроля как тенденция // Дефектоскопия. 2017. № 7. С. 23–34.
7. Костин В.Н., Василенко О.Н., Бызов А.В. Мобильная аппаратно-программная система магнитной структуроскопии DIUS-1.15M // Дефектоскопия. 2018. № 9. С. 47–53.