

Научная статья

УДК 537.622

Влияние напряженно-деформированного состояния на магнитные характеристики сталей 20К и 26ХМФА

**Кристина Денисовна Крючева¹,
Евгения Александровна Путилова²**

^{1,2} Институт машиноведения УрО РАН, Екатеринбург, Россия

¹ kristina.kryucheva@mail.ru

Аннотация. Металлические конструкции в процессе эксплуатации подвергаются действию внешних механических нагрузок, которые могут стать причиной разрушения изделия. Применение магнитных методов контроля напряженно-деформированного состояния основано на наличии корреляционных связей между механическими и магнитными характеристиками материалов. В настоящей работе исследовались стали 20К и 26ХМФА, используемые для изготовления корпусов аппаратов, работающих под давлением.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, магнитные характеристики, трубная сталь, котельная сталь

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20-79-00045).

Original article

The Effect of the Stress-Strain State on the Magnetic Characteristics of 20K and 26KHMFA Steels

Kristina D. Kryucheva¹, Evgeniia A. Putilova²

^{1,2} Institute of Mechanical Engineering, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

¹ kristina.kryucheva@mail.ru

Abstract. Metal structures are exposed to external mechanical loads during operation life, which can cause the destruction of the product. The application of magnetic methods for monitoring the stress-strain state is based on the presence of correlations between the mechanical and magnetic characteristics of materials. In this work, 20K and 26KHMFА steels used for the operation under the pressure were studied.

Keywords: stress-strain state, magnetic characteristics, pipe steel, boiler steel

Funding. The work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (project No. 20-79-00045).

Напряженно-деформированное состояние конструкций является одной из важнейших характеристик, определяющих возможность их надежной эксплуатации. Зная о действующих напряжениях, можно принять превентивные меры: усилить опасный участок, либо снять напряжения, внося изменения в элементы действующей конструкции [1]. Наряду со стандартизованными методами оценки напряженно-деформированного состояния (тензометрический, акустический и рентгеновский), интерес проявляется также к магнитным методам контроля напряженно-деформированного состояния стальных конструкций. Применение этих методов основано на наличии корреляционных связей между механическими и магнитными характеристиками конструкционных материалов.

Для проведения исследования были вырезаны образцы из листовых заготовок стали 20К и бесшовной трубной стали 26ХМФА. Магнитные измерения проводили в замкнутой магнитной цепи, по схеме пермеаметра, с помощью магнитно-измерительного комплекса REMAGRAPH C-500 (рис. 1). Испытательный стенд позволяет проводить измерения магнитных параметров материалов в условиях действия нормальных (σ) и касательных (τ) напряжений, внутреннего давления (P), а также их комбинации. С помощью комплекса REMAGRAPH C-500 получали петли магнитного гистерезиса, из которых определяли коэрцитивную силу H_c , остаточную индукцию B_r и максимальную магнитную проницаемость $\mu_{\text{макс}}$ образцов.

Проведены микроструктурные исследования полученных образцов с применением методик оптической и электронной микроскопии, а также методом дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD-

анализ). Микроструктура стали 20К состоит из феррита и перлита. Средний размер зерна 15–30 мкм. Микроструктура стали 26ХМФА представляет собой мелкодисперсный сорбит с размером зерен около 5–10 мкм. Также отличительной особенностью такой стали является то, что после проведенной термической обработки удалось получить структуру стали с пониженной плотностью дислокаций.

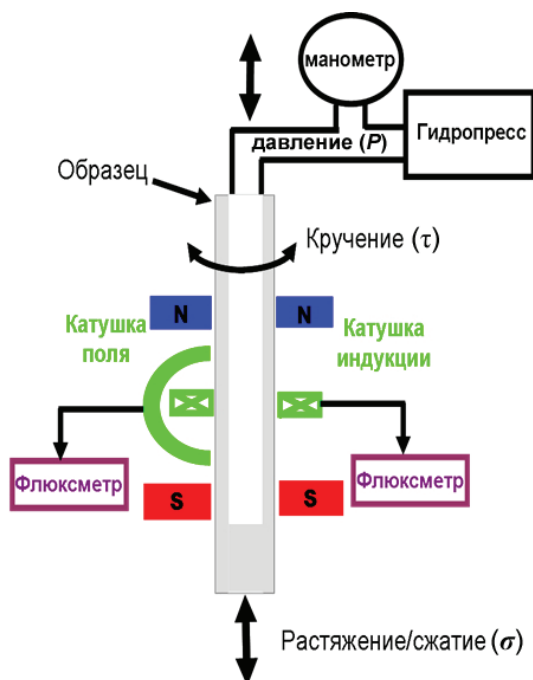


Рис. 1. Схема установки для исследований влияния упругопластической деформации на магнитные характеристики материалов

Путем проведения испытаний на одноосное растяжение продольных образцов на испытательной машине Tinius Olsen SL-60 определены механические характеристики исследуемых сталей.

Магнитные свойства исследованных сталей определяются их структурой. Наиболее дисперсная структура стали 26ХМФА, по сравнению со сталью 20К, вносит основной вклад в формирование повышенных прочностных свойств, а также более высоких значений коэрцитивной силы. Для стали 20К, обладающей феррито-перлитной структурой с достаточно крупным размером зерен, характерны минимальные

прочностные свойства и низкий уровень остаточных напряжений в исходном состоянии.

Для обеих исследованных сталей было показано, что коэрцитивная сила и остаточная индукция при одноосном растяжении изменяются неоднозначно. При испытаниях на сжатие эти магнитные характеристики также изменяются однозначно. В случае действия касательных напряжений магнитные характеристики исследованной стали 20К изменяются однозначно во всем диапазоне приложенных нагрузок. На зависимости остаточной индукции от приложенных касательных напряжений в районе напряжений, соответствующих пределу текучести при кручении, наблюдается резкое изменение значений, что можно также использовать при контроле эксплуатируемых изделий в качестве индикации перехода из упругой зоны деформирования в пластическую область деформирования.

Список источников

1. Взаимосвязь между параметрами напряженно-деформированного состояния и магнитными характеристиками / Э. С. Горкунов [и др.] // ФММ. 2007. Т. 103, № 3. С. 322–327.

References

1. Correlation between the stress-strain state parameters and magnetic characteristics of carbon steels / E. S. Gorkunov [et al.] // The Physics of Metals and Metallography. 2007. Vol. 103, no 3. P. 311–316.