УДК 620.179.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТАЛИ 12Х18Н10Т

А. В. ЧЕРНЫШЕВ, В. И. ШАРАНДО, Н. В. КРЕМЕНЬКОВА
Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Во многих отраслях машиностроения находят применение высоколегированные нержавеющие аустенитные стали. В исходном состоянии они имеют преимущественно парамагнитную γ-структуру. Механическая обработка таких сталей может приводить к формированию в структуре ферромагнитной α-фазы – мартенсита деформации. При этом могут существенно изменяться эксплуатационные характеристики выполненных из этих материалов изделий – коррозионная стойкость, механические свойства. Это вызывает необходимость неразрушающего контроля содержания ферромагнитной фазы в изделиях из таких сталей. Нами выполнены исследования по оценке структурно-фазовых свойств поверхностного слоя образцов из стали 12Х18Н10Т с помощью вихретокового метода.

Из стального листа толщиной 10 мм, находившегося в состоянии поставки, были вырезаны квадратные образцы 21 × 21 мм. Затем путем многократной прокатки при комнатной температуре во взаимно перпендикулярных направлениях были обеспечены различные величины степени их пластической деформации. Следствием прокатки было изменение от 10 до 5 мм толщины образцов (при сохранении их объёма). Соответственно, степень пластической деформации ε образцов определена нами как изменение (в процентах) толщины образца после деформирования относительно начальной.

Вихретоковый накладной преобразователь состоит из трех соосных катушек – поля возбуждения, измерительной и компенсационной. Две последние катушки расположены у торцов катушки поля возбуждения и включены дифференциально между собой. Компенсация выходного напряжения до некоторого минимального значения (на практике оно отлично от нулевого) проводилась при расположении преобразователя вдали от проводящих тел. По катушке поля возбуждения пропускался ток синусоидальной формы частотой 2,5 кГц. Измерялась амплитуда U_{am} выходного напряжения преобразователя, а также его третья гармоническая составляющая. Она отсутствует при расположении преобразователя на неферромагнитном образце, хотя при этом амплитуда U_{am} отличается от той, которая имеет место при расположении преобразователя в воздухе.

На рис. 1 приведены зависимости от ε величины U_{am} (в условных единицах) и твёрдости по Роквеллу (в единицах HRC).

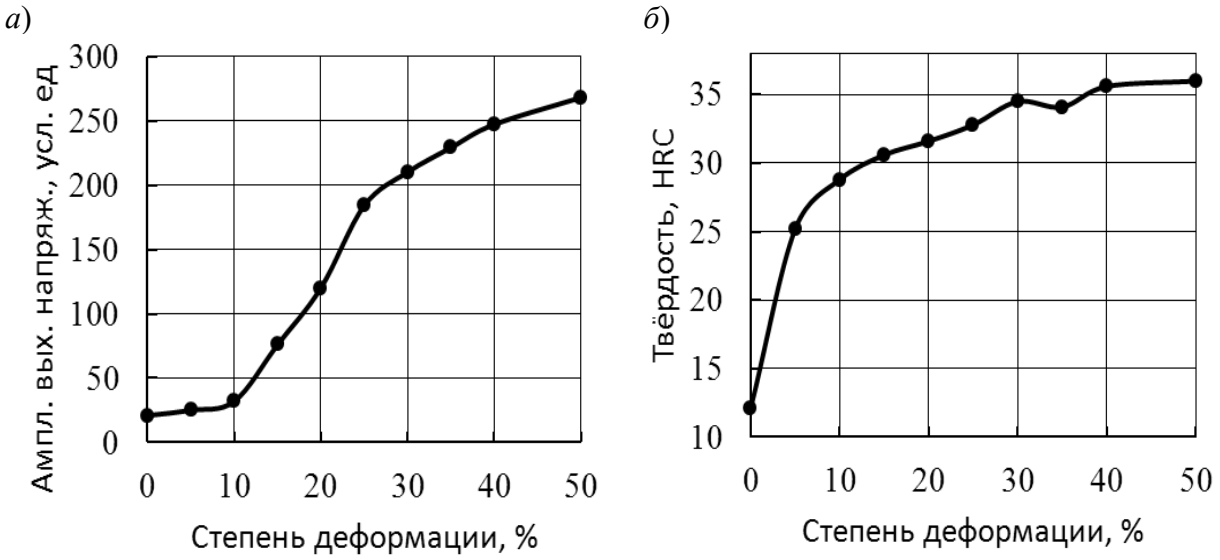

Рис. 1. Зависимость U_{am} (*а*) и твёрдости (*б*) от степени деформации ε

Амплитуда U_{am} зависит от начальной магнитной восприимчивости проницаемости образца χ_{in}. Рост U_{am} на начальном этапе увеличения ε объясняется возрастанием χ_{in} за счет роста при этом процентного содержания в образцах ферромагнитной α-фазы [1]. Уменьшение чувствительности U_{am} к изменениям ε при ее значениях, превышающих 30 %, объясняется возрастанием при этом плотности дислокаций n, т. к. при этом уменьшается χ_{in}. Это следует из известного соотношения [2]

$$\chi_{in} = \frac{\text{constant}}{\sqrt{n}}.$$

Основное изменение твёрдости происходит на начальных этапах деформирования, после 10 % деформации чувствительность этого метода понижается.

Из полученных результатов следует, что контроль степени деформации поверхностного слоя изделий из стали 12Х18Н10Т можно производить на основе измерения амплитуды выходного напряжения накладного преобразователя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние деформации прокаткой и одноосным растяжением на структуру, магнитные и механические свойства армко-железа, стали 12Х18Н10Т и составного материала «сталь 12Х18Н10Т – армко-железо – сталь 12Х18Н10Т» / Э. С. Горкунов [и др.] // Дефектоскопия. – 2011. – № 6. – С. 16–30.

2. **Jiles, D.** Magnetsm and Magnetic Materials / D. Jiles. – London; New York: CRC Press, 2016. – 576 p.