

# МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ОТОЖЖЁННОЙ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ, УПРУГО ДЕФОРМИРОВАННОЙ ИЗГИБОМ

© 2025 г. Антон Михайлович Матосян<sup>1\*</sup>, А.Н. Сташков<sup>1\*\*</sup>, А.П. Ничипурук<sup>1</sup>,  
Н.В. Гордеев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – *Институт физики металлов имени М. Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, 620108 Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, д. 18*

\* - *matosian01@gmail.com*; \*\* - *stashkov@imp.uran.ru*

Контроль механических напряжений позволяет обеспечивать надежность и долговечность различных конструкций и изделий. Это особенно важно в таких отраслях, как машиностроение, строительство, а также авиационная и космическая промышленность. Своевременное выявление критических напряжений в стальных объектах позволяет предотвратить аварийные ситуации и продлить срок службы оборудования. Таким образом, контроль напряжений с помощью неразрушающих методов представляет собой важную научно-техническую задачу. В работах [1, 2] был предложен подход для оценки механических напряжений, основанный на измерении полей смещения 90-градусных доменных границ, чувствительных к механическим напряжениям сжатия в низкоуглеродистых сталях, подвергнутых одноосному растяжению и сжатию. Цель данной работы – исследование влияния упругой деформации изгибом на поведение кривых обратимой магнитной проницаемости стали 20.

Пластина из стали 20 с размерами 650×59×5,6 мм предварительно отжигалась при 700 °С в течение 1 часа. Концы пластины располагались на опорах. К центру пластины подвешивались различные грузы массами 19, 32 и 55 кг, под действием которого она упруго изгибалась. Перемагничивание центрального участка пластины по предельной петле гистерезиса производилось с помощью приставного П-образного электромагнита (ПЭМ). Для измерения тангенциальной составляющей поля  $H$  на поверхности контролируемой пластины использовался датчик холла. В межполюсном пространстве ПЭМ располагался индукционный преобразователь. Частота возбуждения варьировалась в диапазоне от 30 до 10000 Гц. Сигнал измерительной катушки ВТП  $U$ , пропорциональный обратимой магнитной проницаемости, измерялся селективным вольтметром.

Индикатором присутствия механических напряжений в образце является появление дополнительного перегиба на полевых зависимостях обратимой магнитной проницаемости (рис. 1). Испытания проводились при различных нагрузках и одной частоте подмагничивающего поля, а также при одной нагрузке и разных частотах подмагничивающего поля. Благодаря используемой схеме нагружения механические напряжения в пластине неоднородны. С верхней стороны пластина на поверхности

испытывает максимальные механические напряжения сжатия, с приближением к средней линии напряжения уменьшаются и после снова увеличиваются, но с обратным знаком.

Установлено, что при увеличении нагрузки расстояние между критическими полями необратимого смещения 90-градусных доменных границ линейно растет с увеличением нагрузки. С помощью изменения частоты подмагничивающего поля при неизменной нагрузке можно увеличивать или уменьшать глубину проникновения вихревых токов, тем самым изменяя зону контроля. Измерения проводились на частотах 30, 40, 240, 300, 1000, 5000, 10000 Гц. Расстояние между критическими полями уменьшалось с уменьшением частоты до 300 Гц, однако дальнейшее снижение частоты привело к росту расстояния между пиками. Это можно объяснить тем, что на низких частотах вихревые токи захватывают часть пластины, испытывающей растяжение.

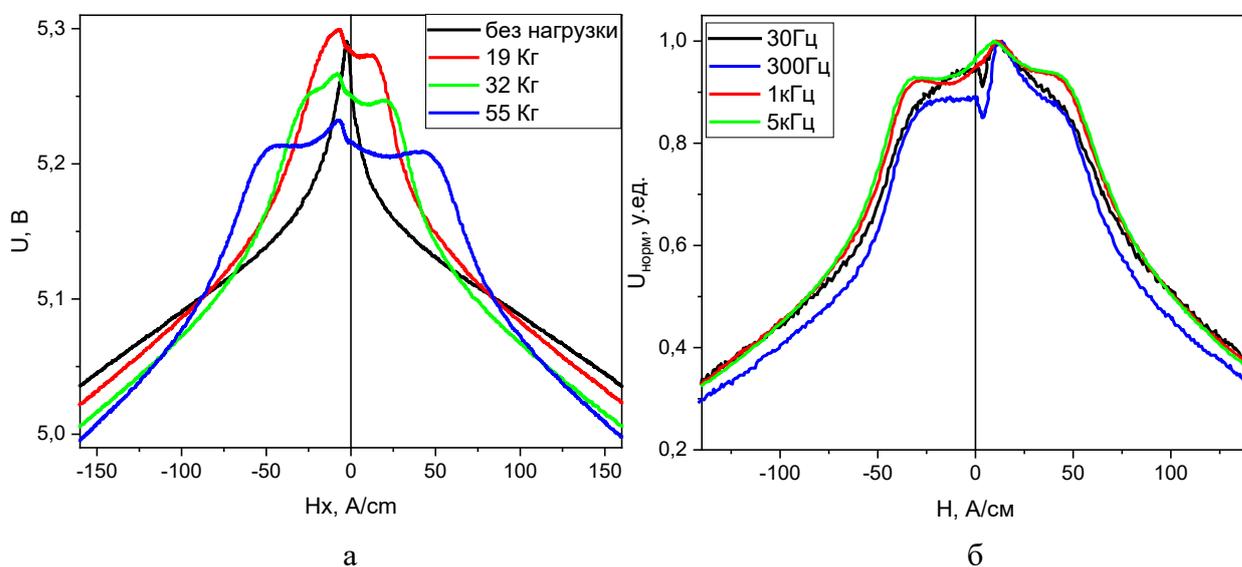


Рис. 1. Полевые зависимости обратимой магнитной проницаемости: а) при различной нагрузке; б) при различной частоте возбуждения

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ничипурук А.П., Сташков А.Н., Кулеев В.Г., Щапова Е.А., Осипов А.А. Методика и устройство для безградуировочного определения величины остаточных сжимающих напряжений в деформированных растяжением низкоуглеродистых сталях // Дефектоскопия. 2017. № 11. С. 20–27.
2. Ничипурук А.П., Розенфельд Е.В., Огнева М.С., Сташков А.Н., Королев А.В. Экспериментальный метод оценки критических полей смещающихся доменных границ в пластически деформированных растяжением проволоках из низкоуглеродистой стали // Дефектоскопия. 2014. № 10. С. 18–26.