

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ В АСИММЕТРИЧНОМ ЦИКЛЕ «КОЭРЦИТИВНЫЙ ВОЗВРАТ-НАМАГНИЧИВАНИЕ»

© 2024 г. Данила Григорьевич Ксенофонтов<sup>1\*</sup>, О. Н. Василенко<sup>1\*\*</sup>, В. Н. Костин<sup>1</sup>,  
Н. П. Лукиных<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – *Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, 620108 Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, 18*

\* - *ksenofontov@imp.uran.ru*; \*\* - *vasilenko@imp.uran.ru*

Параметры, измеряемые в асимметричном цикле «коэрцитивный возврат – намагничивание», такие как индукция коэрцитиваного возврата, индукция инверсии коэрцитивной силы и другие, являются перспективными для проведения магнитной структуроскопии [1].

Целью работы было определение факторов, влияющих на воспроизводимость результатов при измерениях в цикле «коэрцитивный возврат – намагничивание». Для этого с помощью аппаратно-программной системы DIUS 1-21M были проведены измерения предельных петель гистерезиса и в асимметричном цикле «коэрцитивный возврат – намагничивание» на образцах из стали 20H2M размером 10×10×65 мм с различными температурами закалки и отпуска. Измерения производились с использованием источников тока с различной разрешающей способностью.

В результате измерений были получены значения индукции коэрцитивного возврата  $B_{Hc}$  и индукции инверсии коэрцитивной силы  $B_{+Hc}$  и произведена оценка точности установки величины силы тока, соответствующей точке коэрцитивной силы (измерена минимальная магнитная индукция  $B_{min}$  в асимметричном цикле). Полученные значения представлены на рис. 1.

Установлено, что с уменьшением длины цикла перемагничивания величина  $B_{min}$  уменьшается, то есть становится дальше от 0. Это связано с магнитным последствием, вызванным действием вихревых токов и перераспределением намагниченности в составной магнитной цепи. При этом измеряемые значения  $B_{Hc}$  и  $B_{+Hc}$  увеличиваются.

Также наблюдается, что с уменьшением разрешения источника тока с 34,5 мА до 1,5 мА воспроизводимость результатов значительно улучшается: среднеквадратичное отклонение  $B_{min}$  уменьшается, зависимость  $B_{min}$  от температуры начинает носить линейный характер, максимальные среднеквадратичные отклонения  $B_{Hc}$  и  $B_{+Hc}$  также уменьшаются.

Величина  $B_{min}$  уменьшается с увеличением температуры отпуска, что может быть объяснено увеличением величины дифференциальной магнитной проницаемости, что приводит к увеличению плотности силы вихревых токов.

При комбинации мешающих факторов в виде малой длительности цикла перемангничивания и большой величины минимального изменения тока характер наблюдаемых зависимостей может значительно изменяться, что может привести к неверной интерпретации полученных результатов.

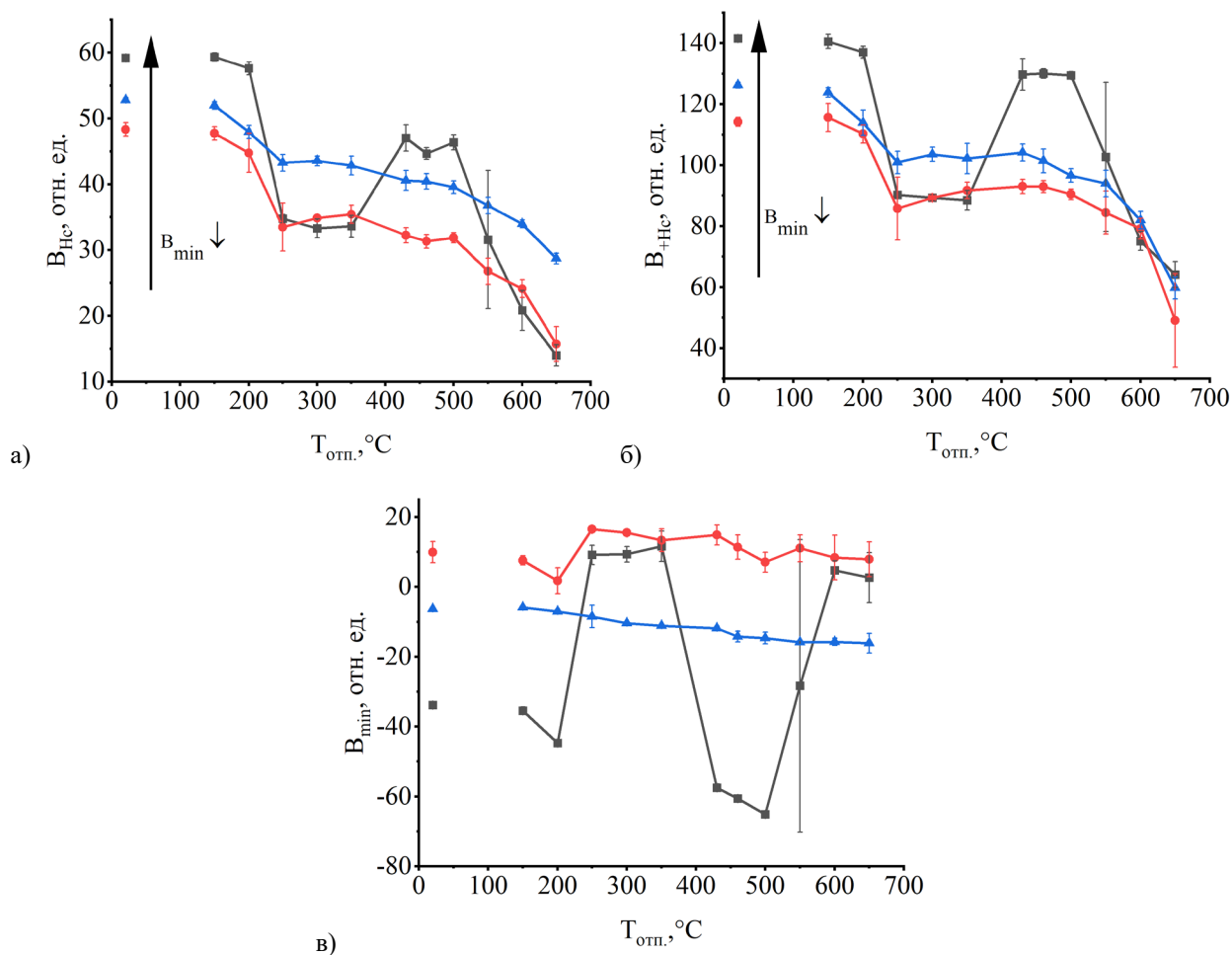


Рис. 1. Зависимости индукции коэрцитивного возврата  $V_{Hc}$  (а), индукции инверсии коэрцитивной силы  $V_{+Hc}$  (б) и минимальной магнитной индукции  $V_{min}$  в цикле «коэрцитивный возврат – намагничивание» (в) от температуры отпуска для стали 20H2M для различных режимов перемангничивания: (■) 10сек., (●) 30 сек., (▲) 30 сек. с повышенным разрешением источника тока.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России («Диагностика» (“Diagnostics”), №122021000030-1).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Костин В.Н., Василенко О.Н., Сандомирский С.Г. Структурная чувствительность параметров несимметричного цикла «коэрцитивный возврат — намагничивание» термообработанных низкоуглеродистых сталей // Дефектоскопия. 2018. №. 1. С. 5—15.
2. Костин В.Н., Сажина Е.Ю., Царькова Т.П., Сташков А.Н. О соотношении величин остаточной намагниченности и изменения намагниченности на кривых возврата сталей и сплавов // Дефектоскопия. 2001. № 12. С. 37—46.