

УДК 620.179.14

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАЗМАГНИЧИВАЮЩЕГО ПОЛЯ НА МАГНИТНУЮ АНИЗОТРОПИЮ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА СТАЛЕЙ

В. А. БУРАК

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

UDC 620.179.14

DEMAGNIZING FIELD VALUE INFLUENCE ON THE MAGNETIC ANISOTROPY OF ROLLED STEEL SHEET

V. A. BURAK

Аннотация. Проведены исследования влияния величины размагничивающего импульсного поля после намагничивания до технического насыщения на остаточную намагниченность листовой холоднокатаной конструкционной углеродистой стали в разных направлениях относительно прокатки. Показана возможность выбора такой величины размагничивающего поля, при котором точность и чувствительность импульсного магнитного контроля анизотропии магнитных свойств стального проката будет значительно выше, чем при использовании только импульсного намагничивания.

Ключевые слова: намагничивание, магнитные методы контроля, листовой прокат стали, остаточная намагниченность.

Abstract. Researching to explore the influence of the demagnetizing pulsed field value after magnetization to technical saturation on the residual magnetization of sheet cold-rolled structural carbon steel in different directions relative to rolling were held. It is shown the possibility of choosing the demagnetizing field value, at which the accuracy and sensitivity for pulsed magnetic testing of the magnetic properties anisotropy of rolled steel will be significantly higher than if using only pulsed magnetization.

Keywords: magnetization, magnetic testing methods, rolled steel, residual magnetization.

Дальнейшим развитием импульсного магнитного контроля несимметричности свойств листового проката, обусловленного технологическими особенностями производства, является повышение чувствительности и надежности. В [1–4] рассмотрен такой способ оценки анизотропии магнитных свойств, как анализ распределения градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, взятого в различных направлениях относительно направления прокатки, над поверхностью листового стального проката. В [3] было показано, что для различных марок конструкционных углеродистых сталей анизотропию магнитных и механических свойств можно достаточно надежно оценивать после импульсного намагничивания доводящим до технического насыщения полем.

Одним из возможных способов повышения чувствительности и точности импульсного магнитного контроля структурного состояния конструкционных сталей является измерение остаточной намагниченности после намагничивания и частичного размагничивания образцов [5]. Рассмотрим аналогичный подход

повышения чувствительности импульсного магнитного контроля несимметричности свойств стального проката.

Для исследования возможности повышения чувствительности магнитного контроля несимметричности свойств листового проката конструкционных сталей, вызванных технологическими причинами, были рассмотрены образцы холоднокатаного листового проката из двух популярных марок углеродистых сталей 35 и 50. Образцы имели размер 200×200 мм², их толщина была 1,6 мм. Образцы были отожжены при $T_{отж} = 200$ °С для снятия внутренних напряжений, но такой низкой температуры термообработки не достаточно для изменения фазово-структурного состояния стали, что позволило сохранить изменение формы зерна. Измерения градиента остаточной намагниченности проводились с шагом в 2 мм вдоль и поперек направления прокатки.

Намагничивание и перемагничивание образцов осуществлялось при помощи намагничивающей системы прибора ИМА-6 [6]. Намагничивающий импульс поля был выбран из условия доведения исследуемых стальных образцов до технического насыщения и составлял $H = 250$ кА/м. Величины последующего противоположного по направлению импульсного магнитного поля изменялись от $H_p = 10$ кА/м до $H_p = 50$ кА/м. Для уменьшения влияния мешающих факторов результаты приведены как средние по трем разнесенным во времени сериям измерений.

На рис. 1 показаны кривые изменения величины градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности по поверхности образца листового проката стали 50, измеренные от середины пятна намагничивания, находившегося в центре образца, до края образца вдоль и поперек направления прокатки. Малое импульсное размагничивающее поле ($H_p = 10$ кА/м) и достаточно большие поля ($H_p = 40$ кА/м и выше) не выявляют значительного различия между распределениями остаточной намагниченности в различных направлениях. Как и в случае повышения точности контроля структурного состояния, связанных с ним механических характеристик и вызывающих изменение этих характеристик технологических процессов термической обработки, необходимо выбирать величину размагничивающего импульсного поля так, чтобы величина градиента нормальной составляющей напряженности остаточной намагниченности была близка к нулю после процесса намагничивания и последующего перемагничивания. Такой величиной размагничивающего поля в проведенных исследованиях является $H_p = 20$ кА/м. При таком размагничивающем поле наблюдается значительная разница между значениями остаточного магнитного поля по разным направлениям относительно прокатки.

Как видно из рис. 1, б, величины остаточной намагниченности в разных направлениях относительно прокатки в центре пятна намагничивания и при удалении от него на некоторое расстояние (около 30 мм) практически совпадают, однако потом наблюдается резкое увеличение величин остаточной намагниченности, измеренных поперек направления, относительно аналогичных величин, измеренных вдоль направления прокатки.

На рис. 2 приведены распределения величин градиентов нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности вдоль и

поперек направления прокатки по поверхности листового проката стали 35 после намагничивания импульсным полем $H = 250$ кА/м и размагничиванием при $H_p = 20$ кА/м. Для представленных кривых распределения характерны те же особенности, как и для образца из стали 50, однако различия в величинах остаточного поля менее значительны.

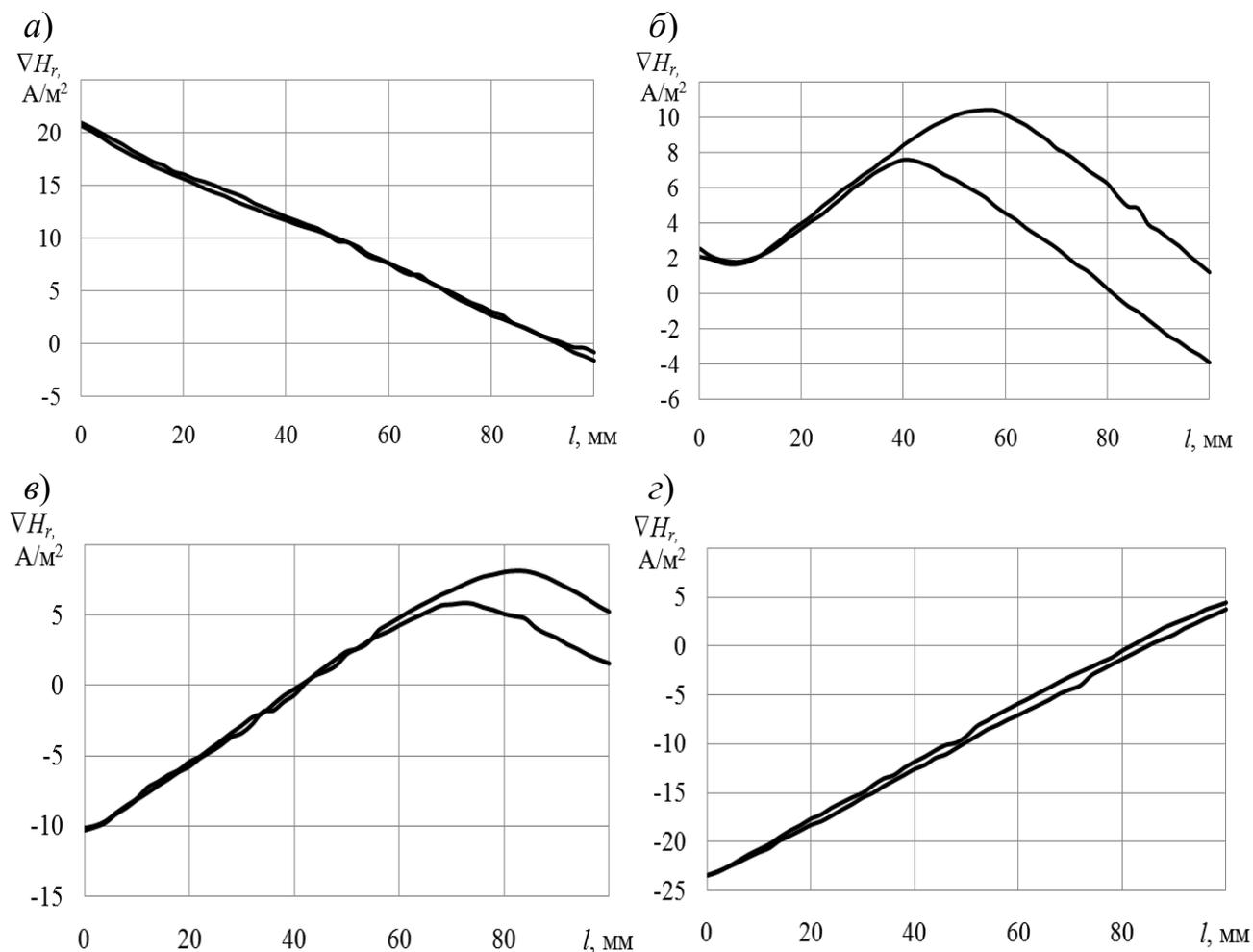


Рис. 1. Распределение градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности вдоль и поперек направления прокатки по поверхности листового проката стали 50 при различных величинах импульсного размагничивающего поля: а – 10 кА/м; б – 20 кА/м; в – 30 кА/м; з – 50 кА/м

Анализ представленных кривых, полученных после намагничивания и размагничивания $H_p = 20$ кА/м образцов конструкционных углеродистых сталей 35 (см. рис. 2) и 50 (см. рис. 1, б), позволяет говорить от том, что оценку наличия и величины несимметричности магнитных свойств можно вести по ряду параметров, а не по одному, представляющему собой максимальную относительную разность величин градиентов нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, взятых вдоль и поперек направления прокатки, как было показано в более ранних работах по этой теме, например, по геометрическому положению максимальных значений остаточной намагниченности над поверхностью листового проката и по разности максимальных

значений градиента остаточной намагниченности, что расширяет номенклатуру чувствительных к анизотропии информативных параметров и позволяет в дальнейшем планировать анализ результатов исследования с использованием аппарата математической статистики.

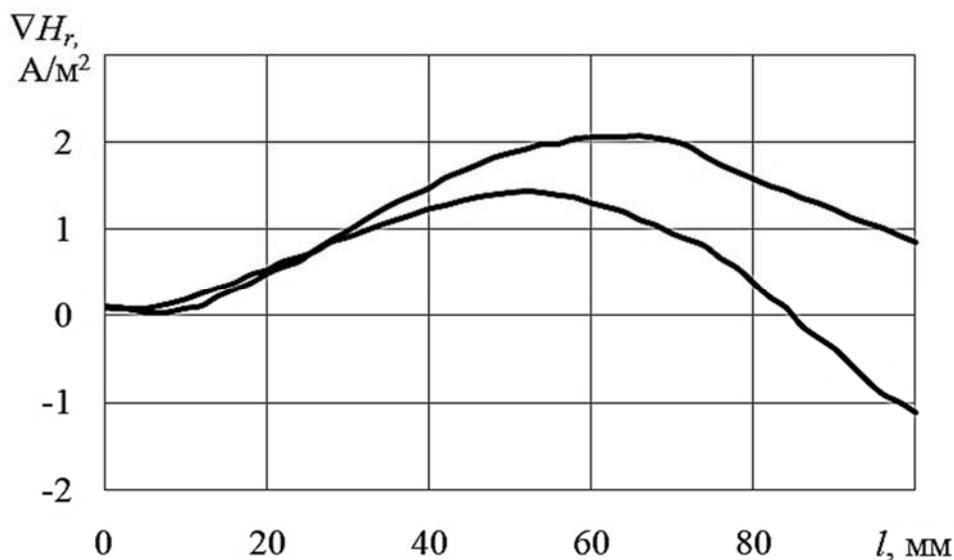


Рис. 2. Распределение градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности вдоль и поперек направления прокатки по поверхности листового проката стали 35 при $H_p = 20$ кА/м

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурак, В. А. Анизотропия магнитных свойств листового проката из стали 35 / В. А. Бурак, В. Ф. Матюк, А. С. Счастный // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2019. – № 3. – С. 17–31.
2. Счастный, А. С. Исследование возможности контроля анизотропии листового проката / А. С. Счастный, А. А. Осипов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2014. – № 3. – С. 20–33.
3. Бурак, В. А. Влияние содержания углерода на анизотропию магнитных свойств холоднокатаной конструкционной среднеуглеродистой стали / В. А. Бурак // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2020. – № 2. – С. 11–20.
4. Счастный, А. С. Механическая и магнитная анизотропия листового проката сталей / А. С. Счастный, В. А. Бурак // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: сб. ст. VII Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 24–25 сент. 2020 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2020. – С. 204–207.
5. Матюк, В. Ф. Контроль качества отпуска улучшаемых среднеуглеродистых марок сталей / В. Ф. Матюк, В. А. Бурак // Вес. НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2008. – № 3. – С. 105–110.
6. Импульсный магнитный анализатор ИМА-6 / В. Ф. Матюк [и др.] // Дефектоскопия. – 2009. – № 7. – С. 62–74.

E-mail: veronika.burak@gmail.com.