

З. Нисс, В.С. Оценка тепловых параметров мощных биполярных транзисторов методом тепловой релаксационной дифференциальной спектроскопии /

В.С. Нисс, О.С. Васьков, А.С. Турцевич, А.Ф. Керенцев, В.К. Кононенко // Приборы и методы измерений. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 249–256.

УДК 620.179.14

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ И КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ЛОКАЛЬНОГО ИМПУЛЬСНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

Бурак В.А., Счастный А.С.

Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь

Пригодность листового проката сталей к штамповке или к глубокой вытяжке определяется однородностью механических свойств в различных направлениях относительно направления прокатки. Однородность листового проката сталей зависит от ряда характеристик, среди которых можно выделить такие, как качество и исходное состояние металла и особенности технологии прокатного производства. Для металла после прокатки, особенно холодной, характерна большая неоднородность свойств в направлении вдоль и поперек прокатки, то есть большая анизотропия механических свойств в плоскости листа.

Целью работы является сравнительный анализ распределения градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности вдоль поверхности стального листа после его импульсного локального намагничивания полем накладки соленоида для оценки возможности контроля неоднородности структуры стали в различных направлениях относительно направления прокатки.

Исследовались образцы листового проката двух видов сталей разного назначения, для которых характерно значительное различие как механических, так и магнитных свойств, в том числе и анизотропии. В качестве первого образца для сравнительного анализа поведения поля остаточной намагниченности после локального импульсного намагничивания была взята электротехническая сталь, для которой анизотропия свойств, в первую очередь магнитных, имеет важное практическое значение. Образец электротехнической стали имел размеры 170x260 мм² и толщину 0,45 мм.

Также было исследовано изменение остаточного магнитного поля после локального импульсного намагничивания над поверхностью образца холоднокатаной конструкционной углеродистой стали, 35Х для которой анизотропия свойств, особенно механических, является фактором, усложняющим проведение последующей технологической обработки. Образец из конструкционной стали имел размеры 200x200 мм² и толщину 1,5 мм.

Импульсное намагничивание осуществлялось на предварительно размагниченных образцах при помощи прибора ИМА-6 [1, 2]. Образцы листового проката намагничивались локально в центре импульсами магнитного поля аperiodической формы длительностью 17 мс по уровню 0,1 и амплитудой H_m 20 и 250 кА/м. Напряженность поля остаточной намагниченности образцов измерялась феррозондом-градиентометром, который размещался внутри намагничивающего соленоида вдоль его оси.

Для измерения величины градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности на фиксированном расстоянии от центра намагниченного участка после локального намагничивания соленоид вместе с феррозондом передвигался с заданным шагом в направлении прокатки или поперек нее.

На рисунках 1 и 2 представлены результаты измерения вдоль (1) и поперек (2) прокатки величины градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности ∇H_r локально намагниченного участка образцов электротехнической и конструкционной сталей.

Сравнительный анализ распределений градиента нормальной составляющей поля остаточной намагниченности ∇H_r , измеренных вдоль и поперек направления прокатки, над поверхностью плоских образцов из электротехнической (рисунок 1) и конструкционной (рисунок 2) сталей позволяет говорить о следующих закономерностях:

- при локальном намагничивании любым из рассматриваемых импульсных магнитных полей для электротехнической стали характерна значительно большая магнитная анизотропия (приблизительно 6–7 раз), чем для конструкционной стали;

- для конструкционной стали скорость уменьшения градиента ∇H_r с ростом расстояния от центра локально намагниченного участка выше при измерении вдоль прокатки, а для электротехнической – при измерении поперек направления прокатки. Различие значений ∇H_r , измеренных вдоль и поперек направления прокатки, проявляется на

некотором расстоянии от центра и увеличивается с ростом этого расстояния.

– при амплитуде намагничивающих импульсов $H_m = 20$ кА/м форма намагниченного участка изменяется – магнитное пятно сужается, уменьшается расстояние, на котором градиент ∇H_r меняет знак, а отрицательный экстремум становится более выраженным, и кривые распределения градиента ∇H_r при максимальном удалении от центра магнитного пятна стремятся совпасть на краю образца;

– увеличение амплитуды импульсного магнитного поля H_m до 250 кА/м практически не влияет на вид распределения градиента ∇H_r , измеренного вдоль направления прокатки, для электротехнической стали, кроме того, эта сталь в центре магнитного пятна достигает технического насыщения даже при намагничивании импульсным полем амплитудой 20 кА/м;

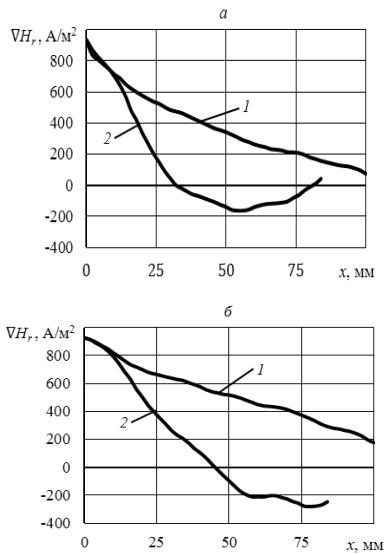


Рисунок 1 – Распределение градиента ∇H_r нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности вдоль (1) и поперек (2) поверхности листа из электротехнической стали.

Амплитуда намагничивающих импульсов, H_m :
а – 20 кА/м, б – 250 кА/м

– после локального импульсного намагничивания полем $H_m = 20$ кА/м наибольшая разница между величинами градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, измеренными вдоль и поперек направления прокатки, как для электротехнической, так и для конструкционной стали наблюдается на расстоянии около 35 мм от центра локально намагниченного участка, а после намагничивания импульсным полем $H_m = 250$ кА/м – на расстоянии около 55 мм от центра намагниченного участка;

– повышение амплитуды намагничивающих импульсов с 20 до 250 кА/м увеличивает максимальную разницу между измеренными вдоль и поперек направления прокатки значениями градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности на приблизительно 30 % для электротехнической стали и приблизительно 15 % для конструкционной стали.

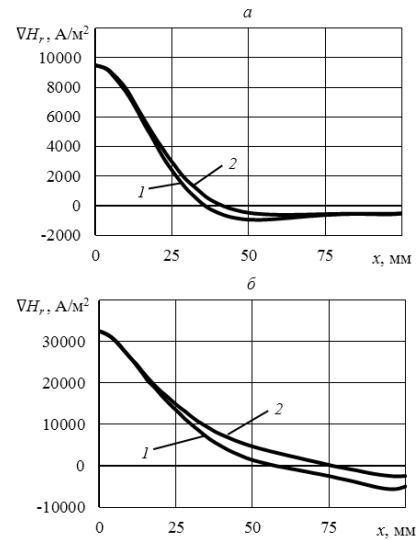


Рисунок 2 – Распределение градиента ∇H_r нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности вдоль (1) и поперек (2) поверхности листа из конструкционной стали. Амплитуда намагничивающих импульсов, H_m :
а – 20 кА/м, б – 250 кА/м

Проведенные исследования показали, что выявить и оценить неоднородность свойств металла в плоскости листа, возникающую в процессе прокатки, как электротехнической, так и конструкционной стали, можно по разнице величин нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, измеренных на некотором расстоянии от центра намагниченного участка вдоль и поперек направления прокатки. Расстояние от центра намагниченного участка, на котором следует рассматривать напряженность поля остаточной намагниченности с целью выявления структурных неоднородностей, следует выбирать с учетом амплитуды намагничивающих импульсов.

Литература

1. Матюк, В.Ф. Приборы магнитной структуроскопии на основе локального однополярного импульсного намагничивания / В.Ф. Матюк // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2012. – № 2. – С. 29-64.
2. Матюк, В.Ф. Импульсный магнитный анализатор ИМА-6 / В.Ф. Матюк, В.А. Бурак, А.А. Осипов, Д.А. Пинчуков // Дефектоскопия. – 2009. – № 7. – С. 62–74.