

# МАГНИТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ В РАСШИРЕННОМ ДИАПАЗОНЕ ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Костин В.Н.<sup>1,2</sup>, Бызов А.В.<sup>1</sup>, Василенко О.Н.<sup>1,2</sup>, Мельчакова А.И.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>) Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [annmelchakova@gmail.com](mailto:annmelchakova@gmail.com)

## MAGNETIC PARAMETERS FOR DETERMINING THE DEPTH OF HARDENING IN THE EXTENDED RANGE OF ITS VARIATION

Kostin V.N.<sup>1,2</sup>, Byzov A.V.<sup>1</sup>, Vasilenko O.N.<sup>1,2</sup>, Melchakova A.I.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>) M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The possibility of measuring the depth of surface hardening by the value of the magnetic field measured on the surface of the object in the interpolar space of a U-shaped electromagnet is theoretically and experimentally shown.

Поверхностное упрочнение стальных изделий проводится для повышения их износостойкости и сопротивления усталостному разрушению. При определении глубины и прочностных характеристик упрочненного слоя широкое распространение получил коэрцитиметрический метод [1]. Однако данный метод является весьма трудоемким и продолжительным.

Задачей работы является определение оптимальных параметров для измерения глубины упрочненного слоя при локальном намагничивании двуслойного ферромагнитного объекта.

Теоретическое исследование проводилось путем численного моделирования с использованием программы ANSYS [2]. Рассчитана модель локально намагничиваемого П-образным электромагнитом массивного двуслойного объекта, состоящего из верхнего слоя, имитирующего поверхностное упрочнение и нижнего слоя, имитирующего сердцевину изделия. Толщина упрочненного слоя  $D$  варьировалась в диапазоне от нуля до 15 мм. Согласно расчетам, напряженность магнитного поля на поверхности намагничиваемого объекта в середине межполюсного пространства монотонно растет при возрастании величины  $D$ .

С помощью шлифованных пластин различной толщины, изготовленных из закаленной стали 62С2, смоделировано изменение толщины упрочненного слоя на шлифованной плите с размерами 100x170x34 мм, изготовленной из отожженной стали 3. С помощью аппаратно-программной системы магнитной структурокопии DIUS-1.15М измерены относительные значения напряженности магнитного поля на поверхности двуслойного объекта, после его перемагничивания по

нисходящей ветви петли гистерезиса до фиксированного значения магнитного потока, при различной толщине упрочненного слоя. Установлено, что зависимость (рис. 1) при относительном значении магнитного потока, равного 100 мВ, имеет линейно-возрастающий характер при увеличении глубины упрочненного слоя  $D$ .

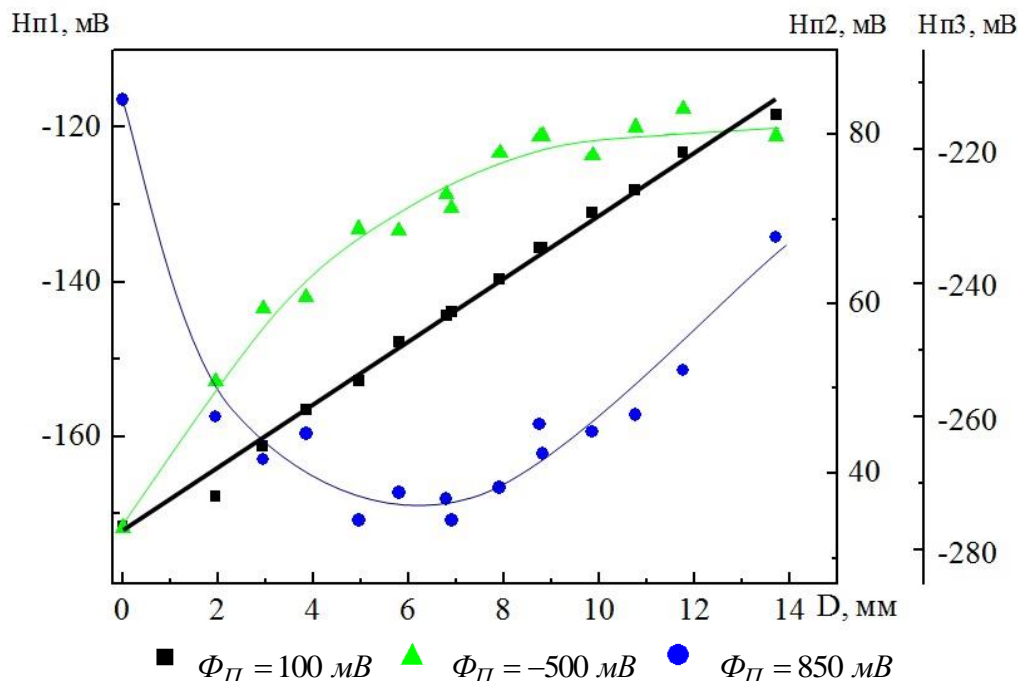


Рис. 1. Зависимости относительной величины напряженности магнитного поля на поверхности двуслойного объекта, после его перемагничивания по нисходящей ветви петли гистерезиса до фиксированного значения магнитного потока, от толщины упрочненного слоя

По результатам численного моделирования и проведенных измерений следует, что измеренное поле  $H_{II}$  коррелирует с рассчитанным полем. Таким образом, возможен контроль глубины упрочненного слоя по величине магнитного поля, измеряемого на поверхности локально намагничиваемого объекта контроля. При этом диапазон контролируемых толщин может превышать толщину полюсов приставного электромагнита.

*Работа выполнена по программе фундаментальных исследований УрО РАН 2015-2017 гг. проект 15-17-2-5.*

1. Щербинин В.Е., Горкунов Э.С., Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля, УрО РАН (1996).
2. Костин В.Н., Василенко О.Н., Порсева А.М., Кабакова А.А., Мельчакова А.И. Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures, 5, 8 (2015).