

УДК 620.179.14

ДОСТОВЕРНОСТЬ КОНТРОЛЯ ОБРАЗЦОВ ХОЛОДНОКАТАНОЙ СТАЛИ  
ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ В ПОТОКЕ ПРОИЗВОДСТВА

В. Н. КУЛАГИН, В. Д. ПИУНОВ, А. А. ОСИПОВ

Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

Важным фактором, обеспечивающим использование неразрушающего контроля металлопродукции на производстве, является обеспечение высокой производительности внедряемых установок. Один из таких подходов известен и используется на прокатных станах ряда металлургических предприятий как в странах СНГ, так и за рубежом. Это установки типа ИМПОК [1].

При этом в установках используется импульсный магнитный метод и обеспечивается автоматическая отстройка от колебаний ферромагнитного листа в процессе его движения при прокатке. Одним из факторов, который уменьшает достоверность неразрушающего контроля, является наличие различного рода неоднородностей производимой на предприятиях продукции [2], например, значения градиента поля остаточной намагниченности  $\nabla H$  как параметра контроля с разных сторон листов могут не совпадать.

Проведены исследования на прямоугольных листах низкоуглеродистой стали разной толщины: 0,8; 1,0; 1,2 и 1,5 мм и размерами  $1000 \times 1000$  мм<sup>2</sup> с температурой отжига  $T_{отж}$ , равной 200 °С и 600 °С. При исследованиях имитировался процесс намагничивания и измерения как на прокатных станах металлургических предприятий. Колебания листа производились его смещением относительно среднего значения. Измерения выполнялись с двух сторон листов (верхней и нижней). Для компенсации смещений листа  $h_i$  использовалось среднегеометрическое значение градиентов остаточных магнитных полей.

Отклонение градиентов вычислялось как относительная разность между градиентом поля остаточной намагниченности при смещении листа и расположением листа в центре (между намагничивающими катушками установки ИМПОК):  $\delta = (\nabla H_i - \nabla H_0) / \nabla H_0$ .

Измерения подтвердили различия показаний градиентов поля остаточной намагниченности на обеих сторонах листа, предположительно вызванные неоднородностью металла. Уменьшение влияния этих неоднородностей на достоверность неразрушающего контроля в производственных условиях достигается постоянным набором статистики и коррекцией соответствующих корреляционных связей.

Был проведен анализ экспериментальных данных с целью выяснения возможного уровня и дана оценка статистической компенсации измеряемых значений градиента поля остаточной намагниченности для различных толщин листов. Отклонение градиентов  $\delta_h$  определялось как среднее от отклонений  $\delta_{hi}$  для разных смещений листов относительно центра (при этом считалось, что веса всех отклонений равны). Результаты отклонений градиентов  $\delta_h$  для двух температур отжига представлены на рис. 1.

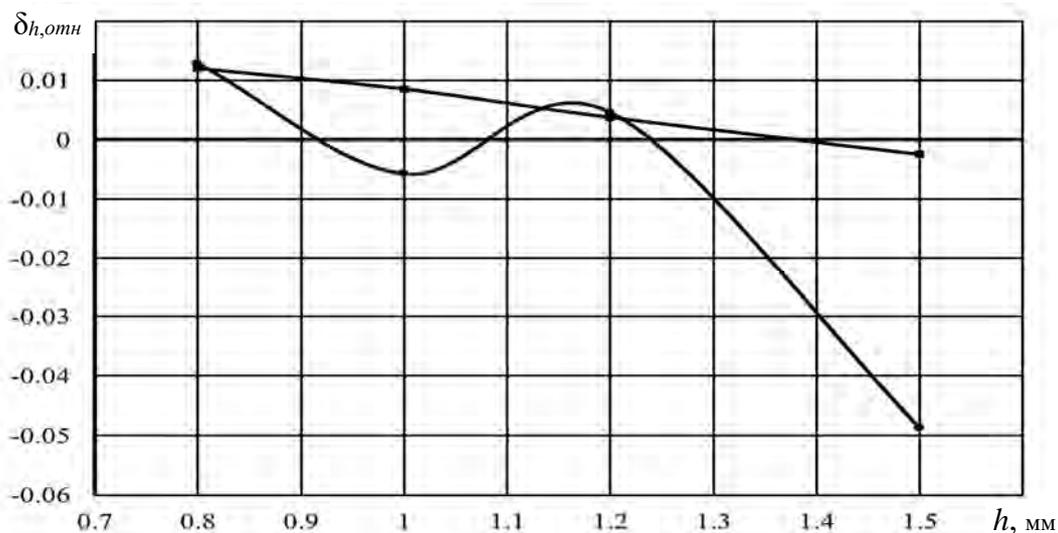


Рис. 1. Отклонение градиентов  $\delta_h$  в зависимости от толщины  $h$  и температуры отжига  $T_{отж}$  листов. Значения  $\delta$ : ● –  $T_{отж} = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; ■ –  $T_{отж} = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$

Из экспериментальных данных, представленных на рисунке, следует, что для большинства толщин исследованных листов отклонение градиентов поля остаточной намагниченности  $\delta_h$  находится на уровне 1 % и менее. Только для листа толщиной 1,5 мм с температурой отжига 600 °C отклонение градиента немного меньше 5 %.

При этом, если в производственных условиях будет обеспечена достаточно малая величина колебаний листа, то можно рекомендовать установки типа ИМПОК для контроля за неоднородностью листа по его длине в процессе изготовления.

Следовательно, рассмотренный подход подтверждает, что при достаточно большой статистической выборке достоверность контроля при наличии неоднородностей может быть обеспечена.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Импульсный магнитный поточный контролер ИМПОК-1БМ / В. Ф. Матюк [и др.] // Дефектоскопия. – 2007. – № 4. – С. 12–23.
2. Русакевич, К. А. Оценка надежности контроля образцов холоднокатаной стали 35 импульсным магнитным методом / К. А. Русакевич, В. Н. Кулагин, А. А. Осипов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 21–22 апр. 2022 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. – С. 331–332.