

ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТИ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В ПРОКАТЕ

Иванова Е.Д., Корсун В.И.

ГВУЗ «Национальный горный университет», <http://www.nmu.org.ua>, ivanovalisa23@ukr.net

Кратко рассмотрены структура и принцип действия системы электромагнитного контроля структурообразования в прокате. Проведена оценка величины основных составляющих погрешности канала измерения системы. Предложены пути уменьшения результирующей погрешности.

Ключевые слова – электромагнитный контроль, прокат, механические свойства, установка принудительного охлаждения, инструментальная погрешность, методическая погрешность, косвенные измерения.

ВВЕДЕНИЕ

Система электромагнитного контроля структурообразования в прокате (СКС) предназначена для косвенной оценки механических свойств готового проката непосредственно на выходе из установки принудительного охлаждения в процессе прокатки. Принцип контроля основан на корреляционной зависимости механических свойств готового проката от толщины его внешнего кольцевого магнитного слоя [1].

Структура СКС представлена на рис. 1.

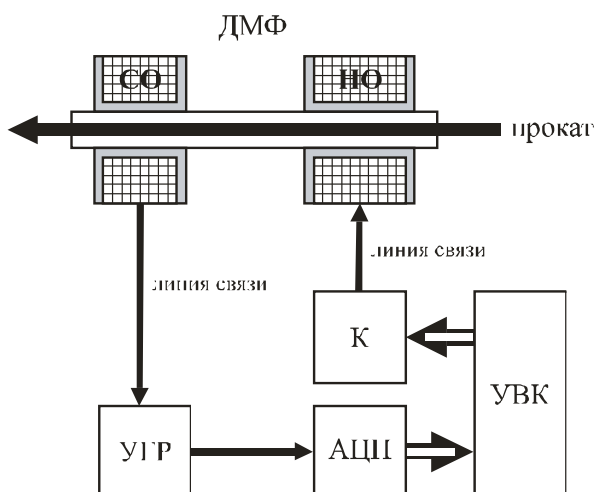


Рисунок 1. Структура СКС

Функционально СКС состоит из датчика магнитной фазы (ДМФ), с намагничивающей (НО) и считывающей (СО) обмотками, коммутатора (К), узла гальванической развязки (УГР), аналогово-цифрового преобразователя (АЦЦ) и управляющего вычислительного контроллера (УВК).

Прокат, движущийся сквозь ДМФ, периодически намагничивается магнитным потоком Φ_m НО. СКС оценивает толщину наружного кольцевого магнитного слоя в сечении проката путем контроля величины э.д.с. e_m , индуцируемой в СО ДМФ, которая пропорциональна производной остаточного магнитного потока Φ_r по времени t и зависит от остаточной индукции B_r и площади намагниченного сечения S_m [2]

$$e_m = -W_{co} * \frac{d\Phi_r}{dt} = -W_{co} * S_m * \frac{dB_r}{dt},$$

где W_{co} – количество витков считывающей обмотки,

Сигнал e_m состоит из импульсов разной полярности. После оцифровки интегральная величина сигнала U_u (площадь ограниченной импульсом) определяется методом трапеций [3]:

$$U_u = \left(\frac{U_{e_m-0}}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} U_{e_m-i} \right) * 1000 / U_{max} * n - 1, \quad (1)$$

где U_{e_m-i} – мгновенное значение напряжения в i -й момент времени; U_{max} – макс. входное напряжения АЦЦ; n – количество разбиений интервала интегрирования.

Толщина наружного кольцевого магнитного слоя δ рассчитывается по эмпирической формуле:

$$\delta = \frac{\Phi_r * 10^{-3}}{\pi * d * W_{co}} = \frac{U_u * n * 2 * 10^{-4}}{\pi * d * W_{co}}, \quad (2)$$

где d – диаметр проката.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Инструментальная погрешность складывается из инструментальных погрешностей УГР и АЦЦ, которые являются независимыми [4]:

$$\Delta_{ки-у-с} = \sqrt{\Delta_{угр-у}^2 + \Delta_{ацц-у}^2};$$

Методическая погрешность [5] обусловлена внутренним сопротивлением СО ДМФ при рабочей температуре $R_{вн}$, входным сопротивлением УГР $R_{вх}$ и сопротивлением линии связи $R_{лс}$:

$$\Delta_{ки-м} = -I * (R_{вн} + 2 * R_{лс}) = \frac{-e_{m-max} * (R_{вн} + 2 * R_{лс})}{(R_{вн} + 2 * R_{лс} + R_{вх})};$$

Погрешность вычисления толщины наружного кольцевого слоя мартенсита δ по формуле (2), с учетом возможных отклонений диаметра проката от номинального значения δ_d , не превышающих 1%, определяется как [6]:

$$\Delta_{\epsilon-\delta} \leq \frac{10 * d * \sqrt{\delta_{\epsilon-\Phi}^2 + \delta_d^2}}{\pi * W_{co}} = \frac{10 * d}{\pi * W_{co}} * \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\epsilon-\Phi} * 100 \%}{\Phi_{max}}\right)^2 + \delta_d^2} =$$

$$= \frac{10 * d}{\pi * W_{co}} * \sqrt{10^{-5} * \Delta_{\epsilon-U}^2 + \delta_d^2} =$$

$$= \frac{10 * d}{\pi * W_{co}} * \sqrt{\left(\frac{10^{-2}}{U_{max}} * \sqrt{\frac{\Delta_{ки-U-\Sigma}^2}{2} + (n-1) * \Delta_{ки-U-\Sigma}^2}\right)^2 + \delta_d^2}$$

где, $\delta_{\epsilon-\Phi}$ и $\Delta_{\epsilon-\Phi}$ - погрешности вычисления потока остаточного намагничивания Φ_r , $\Delta_{\epsilon-U}$ - погрешность вычисления интегральной величины U_u формуле (1).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Расчеты при реальных числовых значениях параметров позволяют сделать следующие выводы:

1. Методическая погрешность канала измерения пренебрежимо мала по сравнению с остальными составляющими погрешности.

2. Основным источником погрешности косвенных измерений является зависимость описываемая формулой (2). Одним из способов уменьшения данной погрешности является увеличение числа витков считывающей обмотки ДМФ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Исследование взаимосвязи показаний системы электромагнитного контроля процесса термоупрочнения с механическими свойствами проката на МС 250-5; Отчет о НИР / Национальный горный университет / НГУ / №ГР 0105U007001. – Днепропетровск, 2005. – 66 с.

2. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. 2-е изд.-М.: Мир, 1985. - 520 с., ил.

3. Турчак Л. И. Основы численных методов: Учебн. Пособие.-М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1987. - 320 с.

4. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. –М.: Наука, 1964, -576 с., ил.

5. Рабинович С. Г. Погрешности измерений. – Л.:Энергия. 1987, -262 с., ил.

6. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. Пер. с англ.-М.: Мир, 1985.-272 с., ил.