

УДК 621.317

# 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](mailto: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.

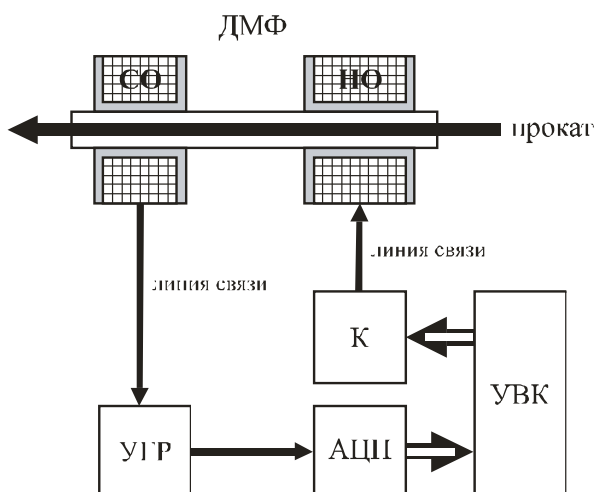


Рисунок 1. Структура СКС

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

Прокат, движущийся сквозь ДМФ, периодически намагничивается магнитным потоком  $\Phi_m$  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  $\Phi_r$  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]:

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

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

Толщина наружного кольцевого магнитного слоя  $\delta$  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 АЦП, которые являются независимыми [4]:

$$\Delta_{ки-и-\Sigma} = \sqrt{\Delta_{угр-и}^2 + \Delta_{ацп-и}^2};$$

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  $\delta$  по формуле (2), с учетом возможных отклонений диаметра проката от номинального значения  $\delta_d$ , не превышающих 1%, определяется как [6]:

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

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

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

где,  $\delta_{\epsilon-\Phi}$  и  $\Delta_{\epsilon-\Phi}$  - погрешности вычисления потока остаточного намагничивания  $\Phi_r$ ,  $\Delta_{\epsilon-U}$  - погрешность вычисления интегральной величины  $U_i$  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.