

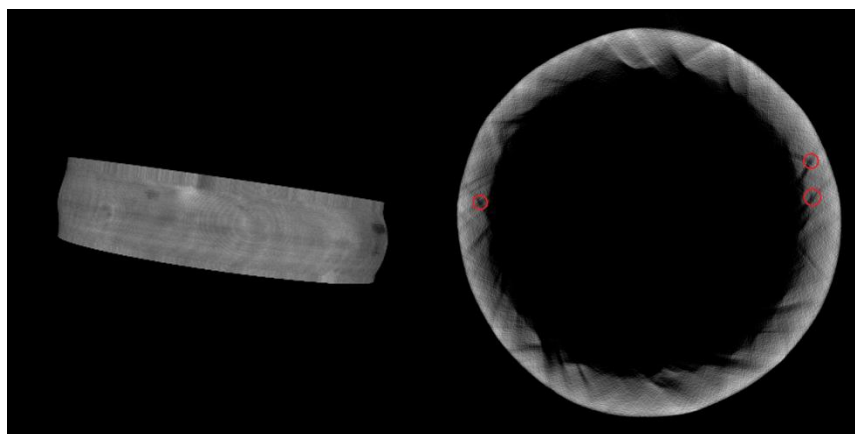


Рис.6. Результаты реконструкции: слева – трехмерная визуализация сварного шва, справа – одно из сечений

В результате проделанной работы была разработана контурная геометрия томографического сканирования с применением оптимизированного алгоритма обратного проецирования. Результаты реконструкции позволяют говорить о работоспособности подхода и указывают на то, что подход требует доработки. В дальнейшей работе будет предпринята попытка улучшить качество реконструкции путем увеличения количества исходной информации, а именно добавления дополнительного контура сканирования так, как показано на рисунке 7.

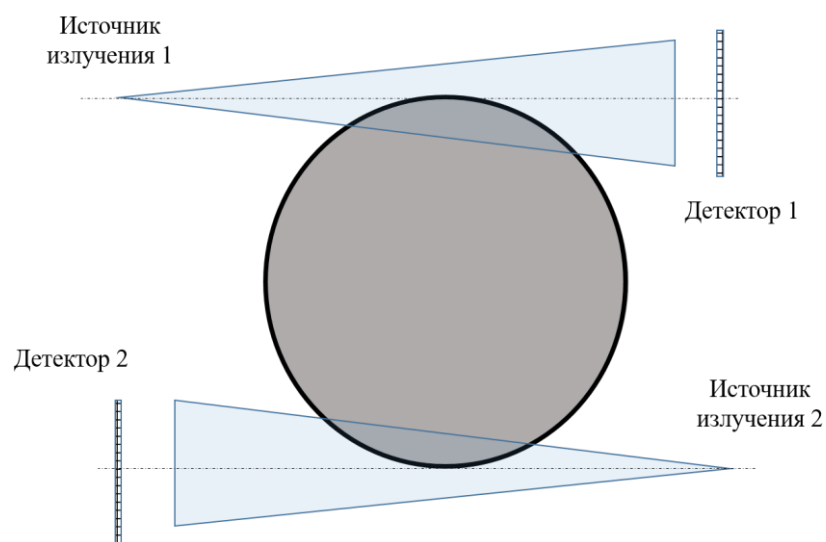


Рис.7. Предлагаемая схема томографического сканирования

Список литературы:

- [1] Redmer B., Ewer U.t // X-Ray Testing of Circumferential Welds by a Mechanized radiometric Weld Inspection System, 2nd International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurized Components, New Orleans May 2000.
- [2] Оздиев А.Х., Модифицированный алгоритм обратного проецирования для томографической реконструкции при сканировании образца с пошаговым сдвигом // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2016) – Томск, 2016 – С. 433–434.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕРМОПАР

Абуеллаиль Ахмед Али, Солдатов Андрей Алексеевич
Томский политехнический университет
Солдатов Алексей Иванович, д.т.н.
demo_092@icloud.com

Аннотация

В статье исследованы электрические характеристики двух термопар при параллельном соединении. Получено аналитическое выражение функции термоЭДС двух термопар от сопротивления нагрузки при параллельном соединении термопар.

Введение

Термоэлектрический метод – это метод неразрушающих испытаний металлов и сплавов, основанный на измерении термоЭДС между горячим электродом, испытуемым образцом и холодным электродом [1-3]. Однако шероховатость поверхности электродов и испытуемого образца приводит к многоточечному контакту, а неоднородность к измерению термоЭДС [4]. Многоточечный контакт можно представить как несколько соединенных параллельно различных термопар, которые имеют разные характеристики, из-за локальных колебаний химического состава металлов и сплавов [5,6].

Чтобы учесть влияние разных термопар на результат контроля, необходимо изучить их характеристики [7]. Принимая во внимание эти характеристики можно повысить точность термоэлектрических устройств контроля. Для оценки влияния характеристик разных термопар на результат контроля необходимо провести математическое моделирование методики контроля с многоточечным контактом. Для этого необходимо исследовать характеристики термопар и получить математическое описание функции термоЭДС от нагрузки, которую в дальнейшем можно использовать для моделирования методики термоэлектрического контроля.

Экспериментальная установка

Приведены результаты исследования характеристик нескольких параллельных термопар в диапазоне от 100°C до 300°C для материалов термопар хромель-алюмель и нихром-константан.

Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования эквивалентной термоЭДС при параллельном соединении термопар представлена на (рис. 1). На рис.1 источники напряжения E_1 и E_2 – термоЭДС первой и второй термопар соответственно, с внутренними сопротивлениями $R_{вн1}$ и $R_{вн2}$. Измерения термоЭДС проводились для одной и для двух параллельно соединенных термопар при сопротивлении нагрузки R_n (0,01, 0,05, 0,1, 0,5, 1, 3,3, 5,2, 6,8, 10, 100, 1000, 10000) Ом. Расчеты внутреннего сопротивления, тока в цепи и электрической мощности были выполнены в соответствии с методикой, изложенной в [8].

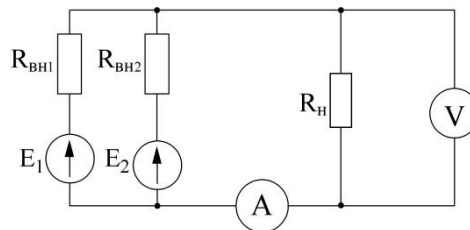


Рис.1. Принципиальная схема экспериментальной установки.

Математическое моделирование

Для численного анализа статистических данных термоЭДС применялся метод интерполяции многочлена Ньютона через алгоритм разделенных разностей:

$$E(r) = 0.1 r^3 - 5,3 \times 10^4 r^4 - 6.9 r^2 + 214.6 r + 137.9 \quad (1)$$

где $E(r)$ – термоЭДС, r – сопротивление нагрузки.

Результат моделирования в соответствии с выражением (1) представлен на (рис.2), на этом же рисунке показаны и статистические данные.

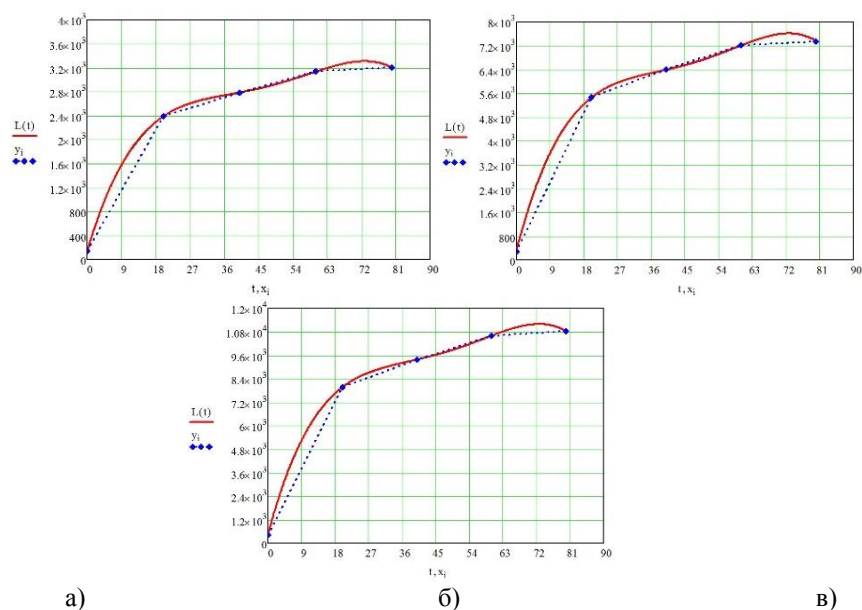


Рис.2. Зависимость термоЭДС от сопротивления нагрузки, при температурах 100 °С (а), 200 °С (б), 300 °С (в), сплошная линия – моделирование, пунктирная линия – экспериментальные данные.

Заключение

Получено аналитическое выражение функции, описывающей зависимость эквивалентной термоЭДС двух параллельно соединенных термопар от сопротивления нагрузки. Аналитическое выражение будет использовано для дальнейшего моделирования термоэлектрического метода контроля при многоточечном контакте электродов с контролируемым образцом.

Список литературы:

- [1] C. Stuart, Thermoelectric Differences Used for Metal Sorting // *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 15, No. 4, 1987, pp. 224-230, <https://doi.org/10.1520/JTE11013J>. ISSN 0090-3973.
- [2] P. E. Mix., Introduction to Nondestructive Testing: A Training Guide, Second Edition // 27 Jan 2005. Print ISBN: 9780471420293. Online ISBN: 978-0-471-42029-3. DOI: 10.1002/0471719145.
- [3] A.I. Soldatov, A.A. Soldatov, P.V. Sorokin, E.L. Loginov, A.A. Abouellail, O.A. Kozhemyak, S.I. Bortalevich, [Control system for device «thermotest»](#) \ 2016 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2016 – Proceedings, 7491869
- [4] A.I. Soldatov, *Аппаратно-программный комплекс для контроля пластически деформированных металлов дифференциальным термоэлектрическим методом* // дис. канд. техн. наук / А.А. Солдатов. – Томск: НИ ТПУ, 2014. – 155с.
- [5] A.I. Soldatov, *Аппаратно-программный комплекс для контроля пластически деформированных металлов дифференциальным термоэлектрическим методом*. дис. канд. техн. наук / А.А. Солдатов. – Томск: НИ ТПУ, 2014. – 155с.
- [6] A.I. Soldatov, A.A. Soldatov, M.A. Kostina, O.A. Kozhemyak, H.M. Kroning, [Modelling of the thermal field of hot electrode and the controlled sample at thermoelectric testing of metals](#) \ Proceedings of 2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2015, 7414922
- [7] J. Hu, P.B. Nagy, On the role of interface imperfections in thermoelectric nondestructive materials characterization // *Applied Physics Letters*, 73, 467-469 (1998), DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.121902>
- [8] Ahmed Abouellail, et al., Surface inspection problems in thermoelectric testing, MATEC |Web Conf., 102 (2017) 01001, DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710201001>

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ ДУАЛЬНЫХ ЭНЕРГИЙ

Осипов Сергей Павлович, Удод Виктор Анатольевич, Ван Яньчжао
 Национальный исследовательский Томский политехнический университет
 Национальный исследовательский Томский государственный университет
osip1809@rambler.ru

Радиационные методы неразрушающего контроля, испытаний и диагностики на современном этапе своего развития являются высокоразвитым научно-техническим направлением, охватывающим разнообразные сферы жизнедеятельности человека – промышленность, медицину, досмотр и т.д. Требуемая