

compensated interframe prediction coding, *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.41, 1993. 6. Karro J., Ohti J., Nogaki S., Ohta M., Wavelet A. Codec with overlapped motion compensation for very low bit rate environment, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol.4, 1994. 7. Ya-Qin Zhang, Sohail Zafar, Motion-Compensated Wavelet Transform Coding for Color Video Compression, *IEEE Transaction on circuits and systems for video technology*, vol.2, No.3, 1992. 8. Ke Shen, Edward J. Delp, Wavelet based Rate Scalable Video Compression, Video and image processing laboratory (VIPER), 1998. 9. Kronander K. Some aspects of perception based image coding, Ph.D. dissertation, Linkoping Univ., Sweden, 1989. 10. Ohm J.R. Three-dimensional subband coding with motion compensation, *IEEE Trans. Image Processing*, vol.3, 1994. 11. Seung-Jong Choi, John W. Woods, Motion-Compensated 3D Subband Coding of Video, *IEEE Transactions on image processing*, vol.8, No.2, 1999. 12. William A. Pearlman, Zixiang Xiong, Embedded Video Subband Coding with 3D SPIHT, *IEEE Transactions on image processing*, 1998.

УДК 536.532:621.3.036

Т.З. Бубела

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Метрологія, стандартизація та сертифікація”

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНОЇ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ТЕРМОЕЛЕКТРОДІВ

© Бубела Т.З., 2002

Подано результати дослідження фізичної термоелектричної неоднорідності термоелектродних матеріалів. Розглянуто вплив пластичної деформації на зміну термоелектрорушійної сили зразків та їх електричних характеристик.

In the article the findings of investigation of developments of a physical thermoelectric nonhomogenous of thermoelectrod materials to a strand is submitted. Influencing plastic deformation on change of thermoelectric power is reviewed is model and on change of their electrical characteristics.

Одним з різновидів термоелектричної неоднорідності термоелектродів є фізична неоднорідність, що виявляється у нестабільності фазового складу, порушенні впорядкованості, зміні структури зерен по об'єму термоелектродного дроту [1]. Такі неоднорідності можуть бути викликані явищами наклепу, певними видами термообробки, впливом радіації.

Серед процесів, що викликають структурні зміни у термоелектродах, важливе місце займає пластична деформація. Залежно від типу та ступеня деформації у металах і стопах формується певна деформаційна структура, яка значною мірою визначає термоелектричну стабільність термоелектродного матеріалу.

Структурний стан деформованих термоелектродних стопів типу хромель досліджувався у режимі попередньої деформації. Активний одноосьовий розтяг термоелектродів забезпечував різний ступінь пластичної деформації. Діючі напруження у процесі попереднього навантаження під час активного розтягу вибирались згідно із співвідношенням [2]:

$$\sigma_{\text{м.деф.}} = k \cdot \sigma_{\text{м.міц.}}^{T^{\circ}\text{C}}, \quad (1)$$

де $\sigma_{\text{м.деф.}}$ – межа деформації, $\sigma_{\text{м.міц.}}^{T^{\circ}\text{C}}$ – межа міцності при температурі $T^{\circ}\text{C}$, k – безрозмірний коефіцієнт, значення якого знаходяться в межах від 0 до 1.

Умови деформації для хромелевих зразків діаметра 1,2 мм, зазначені у табл.1.

Таблиця 1

Умови деформації зразків

Відносне видовження, %	Прикладене зусилля, Н	Швидкість деформації, мм/хв
4	430	10
8	520	10
12	600	10
16	650	10
20	700	10

Пластична деформація, тобто структурна неоднорідність є причиною зміни термоелектричних та електричних властивостей хромелевих термоелектродів. Пропонується оцінювати термоелектричну неоднорідність термоелектродів, контролюючи зміну їх питомого електричного опору.

Визначимо деякі закономірності залежності електричних та термоелектричних параметрів від зміни структурного стану термоелектродів. З цією метою було побудовано температурну залежність зміни термо-ЕРС деформованих термоелектродів порівняно з недеформованими тієї самої партії. Досліджувані деформовані зразки зварювали в пучок з дротом в стані поставки і відносно нього вимірювали термо-ЕРС. Температуру в печі встановлювали за показами еталонної термопари, яка була також зварена з досліджуваними зразками, у стоградусних точках в інтервалі до 800°C (рис.1).

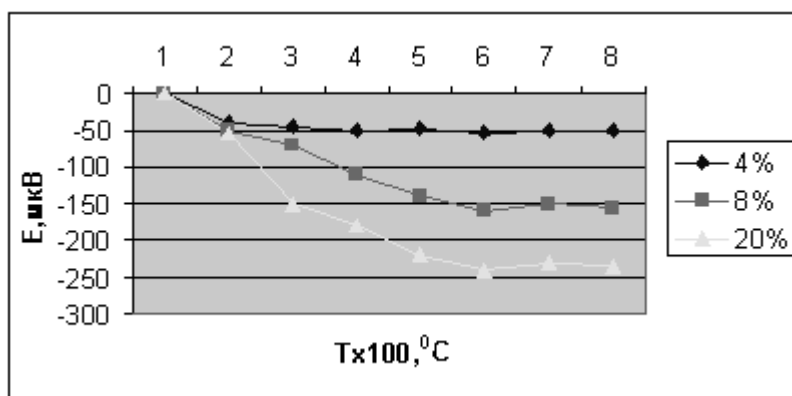


Рис. 1. Термо-ЕРС деформованих хромелевих зразків відносно зразків у стані поставки

З рис. 1 зрозуміло, що деформація спричиняє зменшення термо-ЕРС хромелевого дроту. Максимальне відхилення спостерігається при відносному видовженні 20%, а мінімальне – при відносному видовженні 4%. Розмах відхилення термо-ЕРС є досить значним, що свідчить про високий ступінь залежності хромелю від пластичної деформації.

Електричний опір R_1 досліджуваних зразків вимірювався мостом постійного струму [3]. Як контрольний використовувався метод вимірювання опору R_2 автоматичним мостом змінного струму. Відповідно питомий електричний опір ρ_1 та ρ_2 розраховувалися згідно з виразом (табл. 2):

$$\rho = \frac{R \cdot S}{L}, \quad (2)$$

де R – електричний опір зразка, S – площа поперечного перерізу, L – довжина зразка.

Значення питомого опору деформованих зразків

Відносне видовження, %	$\rho_1, \text{Ом}\cdot\text{м}\cdot 10^{-6}$ (пост. струм)	$\rho_2, \text{Ом}\cdot\text{м}\cdot 10^{-6}$ (змін. струм)
4	0,683	0,686
8	0,681	0,683
12	0,677	0,678
16	0,671	0,674
20	0,669	0,672

На основі даних табл. 2 робимо висновок про те, що деформація призводить, як і у випадку з термо-ЕРС, до зменшення питомого опору хромелевого дроту і ця залежність є прямо пропорційною.

Пропонуємо контролювати питомий електричний опір методом вихорівих струмів [4, 5], оскільки це дасть нам можливість відстежувати неоднорідність термоелектродного дроту безпосередньо під час його виготовлення (наприклад, під час протягування через фільтри). Цей вид неруйнівного контролю має чимало переваг, а саме:

- електрична природа отриманого сигналу;
- багатопараметричність;
- відсутність контакту давача з об'єктом контролю;
- можливість контролю виробів, що рухаються;
- простота конструкції первинного перетворювача;
- швидкодія, що дає змогу автоматизувати контроль;
- нехтовно мала залежність від зміни вологи, тиску, радіоактивного випромінювання, забруднення поверхні об'єкта контролю непровідними речовинами.

Оскільки ми працюємо з циліндричними об'єктами та для забезпечення локальності контролю вибираємо зовнішній параметричний перетворювач прохідного типу, обмотка якого виконана з невеликим відношенням довжини d_1 до діаметра d , тобто $d_1/d \Rightarrow \min$ (рис. 2), тобто вихорострумівий перетворювач (ВСП) з короткою котушкою.

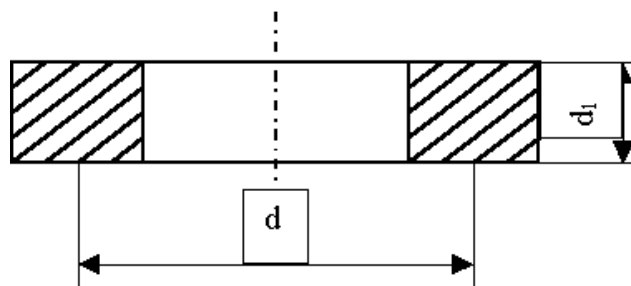


Рис. 2. Схема прохідного сенсора з короткою котушкою

ВСП з досліджуваним деформованим дротом було включено у одне з плечей моста. Решту плечей мостової схеми містили аналогічні сенсори з поміщеними у них недеформованими зразками. Дефектоскоп Ferster фіксував сигнал, пропорційний до розбалансу моста. Сканування виконувалось по всій довжині зразка (рис. 3, 4).

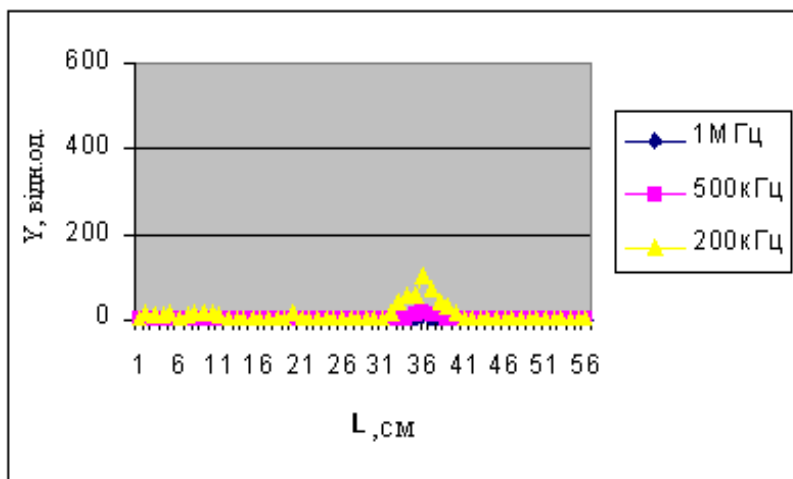


Рис. 3. Залежність вихідного сигналу Y вихорострумowego перетворювача від деформації (4%) по довжині зразка при різних значеннях частоти зондуючого поля

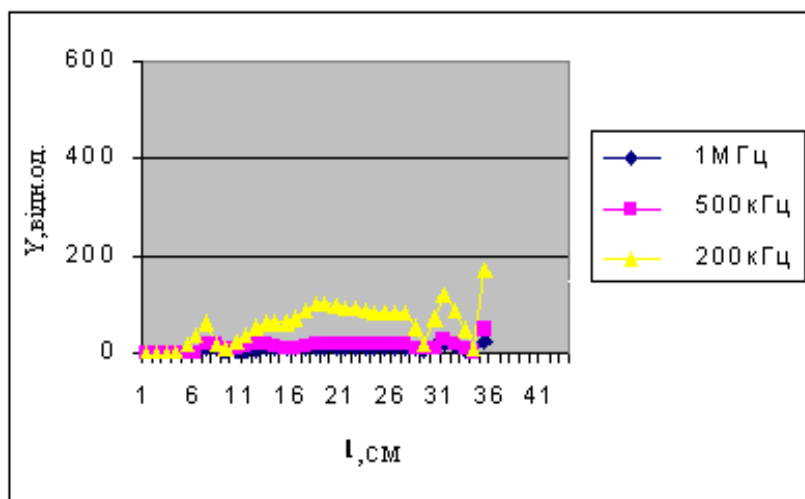


Рис. 4. Залежність вихідного сигналу Y вихорострумowego перетворювача від деформації (8%) по довжині зразка при різних значеннях частоти зондуючого поля

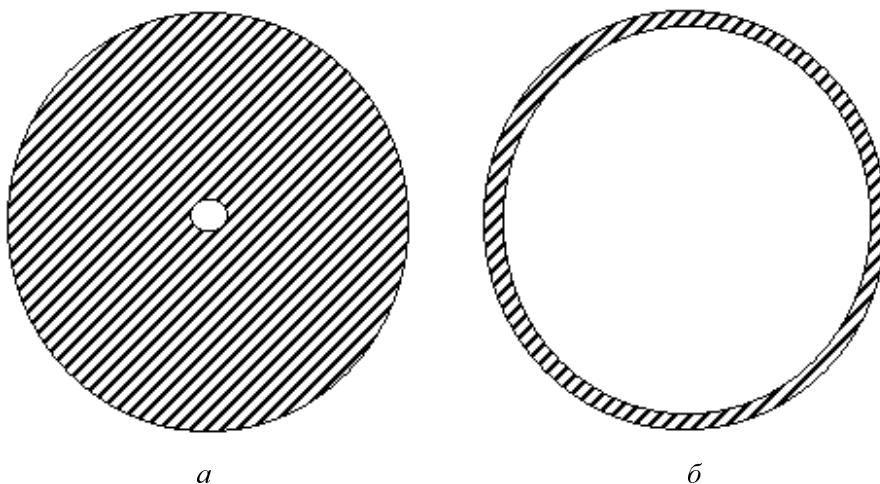


Рис. 5. Глибина проникнення поля у хромелевий циліндричний зразок при частоті зондування 200кГц (а) та 1МГц (б)

Зондування відбувалось на різних частотах. Це дає змогу розглянути розподіл питомого електричного опору по перерізу дроту (рис.5), оскільки із зростанням частоти зменшується глибина проникнення у об'єкт контролю. Для наближеної оцінки глибини проникнення електромагнітного поля вихорострумowego перетворювача в об'єкт контролю можна користуватись формулою для визначення глибини проникнення δ плоскої електромагнітної хвилі у електропровідний напівпростір [6]:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \mu_r \sigma \omega}}, \quad (3)$$

де μ_0 – магнітна стала, μ_r – відносна магнітна проникність матеріалу, σ – питома електрична провідність, ω – частота зондуючого поля.

Враховуючи, що узагальнений параметр вихорострумowego контролю β становить:

$$\beta = R_1 \cdot \sqrt{\omega \mu_0 \mu_r \sigma}, \quad (4)$$

формулу (3) можна переписати у вигляді:

$$\delta = \frac{R_1 \cdot \sqrt{2}}{\beta}, \quad (5)$$

де R_1 – радіус збуджуючої обмотки ВСП.

Визначення глибини проникнення електромагнітного поля у досліджувані зразки (рис. 5) дає змогу оптимально вибрати робочу частоту. Отже, електромагнітне поле, проникаючи у електропровідний виріб, загасає, причому тим значніше, чим більша частота [5, 7].

Висновок. Дані, наведені у роботі, дають можливість зробити висновок про те, що, контролюючи зміну питомого електричного опору термоелектродного дроту під час його виготовлення, можна оцінити ступінь структурної неоднорідності матеріалу і масштаби її впливу на зміну термоелектричних властивостей. Застосування вихорострумowego методу для визначення ρ відкриває широкі можливості щодо автоматизації контролю неоднорідності термоелектродного дроту на стадії його виготовлення.

1. Столярчук П.Г., Пахольук Т.З. Термоелектрична неоднорідність і моделювання процесу її контролю // *Вимірювальна техніка та метрологія*. 1996 – №52. – С. 47-49.
 2. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. М./., 1960. 3. ГОСТ 7229-76. Кабели, провода и шнуры. Метод определения электрического сопротивления токопроводящих жил и проводников. – М., 1982. 4. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник / Под ред. В.В.Клюева. – М., 1986. 5. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник / Под ред. В.В. Клюева. – М., 1986. 6. Бондаренко В.И., Себко В.П., Тюпа В.И. Бесконтактное измерение электропроводности цилиндрических изделий // *Измерительная техника*. 1981. – №1. – С. 35-37. 7. Бондаренко В.И. и др. // *Вестник ХПИ*. 1977. – №133. – Вып. 2.