

УДК 669.018.57

М.Д.Мельничук, Л.М.Пашинський

Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ НА ТЕРМО-Е.Р.С ТА СТАБІЛЬНІСТЬ ТЕРМОЕЛЕКТРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ ХРОМЕЛЬ, ЗАЛІЗО, КОНСТАНТАН

Вивчено вплив пластичної деформації на електрофізичні властивості термоелектродних сплавів хромель, залізо, константан. Встановлено, що пластична деформація хромелю і константану призводить до зменшення термо- Е.Р.С., а заліза – до збільшення термо- Е.Р.С., порівняно з її значенням в рекристалізованому стані, причому це відхилення термо- Е.Р.С. пропорційне ступіню деформації. Розроблений режим ізохронного відпалу (витримування при температурах від 293К до 773 К з інтервалом –100 К, проміжки часу -60 с.) , який дозволяє усунути вплив пластичної деформації і стабілізувати термо-Е.Р.С. термоелектродних сплавів хромель, залізо, константан.

Ключові слова: *деформація, термоелектродні матеріали, технологічний процес.*

Постановка проблеми. Температура – один з найважливіших контролюємих параметрів технологічних процесів практично у всіх галузях народного господарства. Не менше 60% всіх температурних вимірювань приходить на долю термоелектричних термометрів, або як їх часто називають термопари.

Термопари залізо-константан(З-Кн) та хромель-константан(Х-Кн) отримали широке застосування завдяки можливості вимірювати температуру в окисних, відновлюючих та нейтральних середовищах при високій чутливості: З-Кн (50-60 мкВ/°С) та Х-Кн (>81 мкВ/°С при $t > 200^\circ\text{C}$). Ці термопари дозволяють проводити вимірювання температури довготривало до 750°С та короткочасно до 1100°С при відносно низькій вартості.

Термопара З-Кн стандартизована у багатьох зарубіжних країнах під назвою “термопара типу J” ввійшла в стандарт СТ СЕВ 1059-78 однак в промислових масштабах в нашій країні не виготовлялась і була зі стандарту виключена. Градувальна характеристика термопари Х-Кн (термопара типу Е) включена в стандарт СТ СЕВ 1059-78 та МЕК 584-1.1977[4].

Автори публікацій [1-4] доводять, що термопари З-Кн та Х-Кн мають високу чутливість до деформації на термо-е.р.с. практично відсутні, а ті дослідження що опубліковані суперечливі та несистематизовані. Тому існує необхідність в проведенні досліджень впливу пластичної деформації на термоелектричні властивості термоелектродів залізо, хромель, константан та стабільність термопар З-Кн та Х-Кн.

Зважаючи на те, що в процесі виготовлення термоелектродного дроту, а також термопар здійснюються наступні технологічні операції: волочіння, гнуття, правка, які супроводжуються пластичною деформацією. Тому питання впливу пластичної деформації на термопари З-Кн та Х-Кн потребує детального вивчення.

Матеріали і методи досліджень. Для дослідження впливу пластичної деформації на електрофізичні властивості термоелектродних сплавів заліза, хромелю та константану проводили прокатування при кімнатній температурі, дроту діаметром 0,5мм з допомогою лабораторного прокатного стану. Діаметр валків рівний 80мм, швидкість прокатування складала 0,1 м/с. Для оцінки ступеня деформації при прокатуванні круглих зразків використовували формулу [1] :

$$\varepsilon = 1 - \frac{r}{R} \cdot \frac{l}{l_0} \cdot \exp \left[\frac{1}{2} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \right] \quad (1)$$

де: R- вихідний радіус зразка; r- товщина зразка отримана при прокатуванні; l_0 - початкова довжина зразка; l- кінцева довжина зразка.

Вплив пластичної деформації на термоелектричні властивості термоелектродного дроту заліза, хромелю та константану оцінювали по інтегральній т.е.р.с, яку вимірювали між деформованим зразком та еталонним відпаленим, взятим з того ж матеріалу, що і дослідний зразок у вихідному стані. Термо-е.р.с термопар “дослідний зразок-еталон” вимірювали при температурі гарячого спаю 773К та температурі холодного спаю 273К з допомогою потенціометра Р348.

Температуру гарячого спаю вимірювали еталонною термопарою ХК. При цьому деформований зразок завжди був електронегативним по відношенню до еталонного.

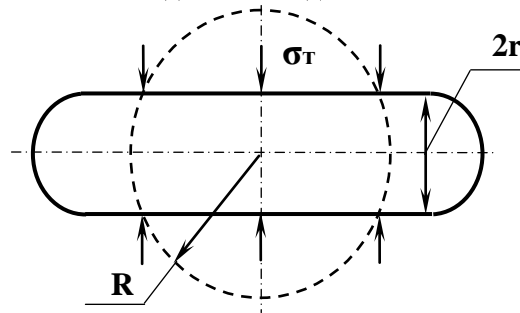


Рисунок 1 - Схема деформованого зразка круглого січення при одновісному навантаженні

Під час проведення ізохронного відпалу досліджувані зразки витримували однакові проміжки часу (60 с.) при температурах 293-773 К, значення яких підвищували з інтервалом –100 К. На кожному етапі фіксували зміну термо-Е.Р.С. ΔE за допомогою потенціометра Р348.

Обговорення результатів. Вплив пластичної деформації на термо-Е.Р.С сплавів хромелю, заліза, константану оцінювали по інтегральній термо- Е.Р.С.

Вплив пластичної деформації на термо-Е.Р.С. сплавів хромелю, заліза, константану оцінювали по інтегральній термо- Е.Р.С. З рис. 2 слідує, що зі збільшенням температури вимірювань у досліджуваних термоелектродах після пластичної деформації відбувається збільшення відхилень термо-Е.Р.С., що зумовить похибки при вимірюванні температури. Встановлено, що пластична деформація хромелю і константану призводить до зменшення термо-Е.Р.С., а заліза – до збільшення термо- Е.Р.С., порівняно з її значенням в рекристалізованому стані, причому це відхилення термо-Е.Р.С. пропорційне ступеню деформації.

Результати досліджень представлені на рис.2

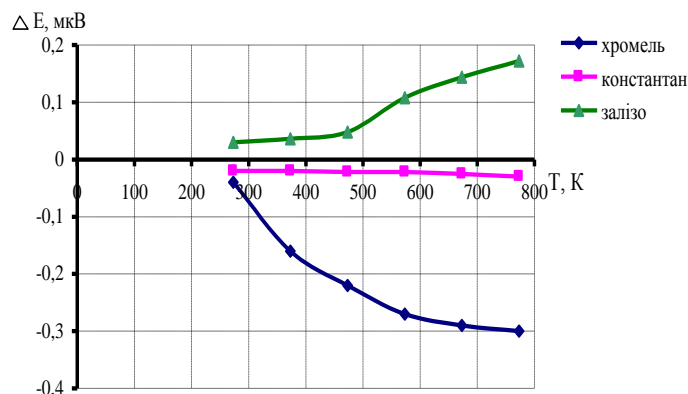


Рис.2 Температурна залежність наведеної інтегральної термо- Е.Р.С. хромелю, константану, заліза при ступені пластичної деформації $\varepsilon = 30\%$

Для хромелю зі збільшенням температури градування відхилення термо-Е.Р.С. зростає у від'ємному напрямку до -0,3 мкВ при ступені деформації $\varepsilon = 29\%$, а при ступенях деформації 0,5 % і 9 % - до -0,07 мкВ і -0,09 мкВ відповідно. Для константану зі збільшенням температури відхилення термо-Е.Р.С. зростає у від'ємному напрямку – до -0,03 мкВ при ступені деформації $\varepsilon = 31\%$, а при ступенях деформації 2 % і 12 % - до -0,01 мкВ і -0,02 мкВ відповідно. Інтегральна термо- Е.Р.С. заліза зі збільшенням ступеня деформації росте в додатньому напрямку до 0,17 мкВ при ступені деформації $\varepsilon = 32\%$, а при менших ступенях деформації, зокрема $\varepsilon = 0,5\%$ і $\varepsilon = 9\%$, до 0,1 мкВ. Зміна термоелектричних властивостей дроту після прокатування зумовлена впливом дислокацій та точкових дефектів, які генеруються при деформації, в результаті міждислокаційних реакцій.

Результати, отримані в результаті проведення ізохронного відпалу показані на рис. 3

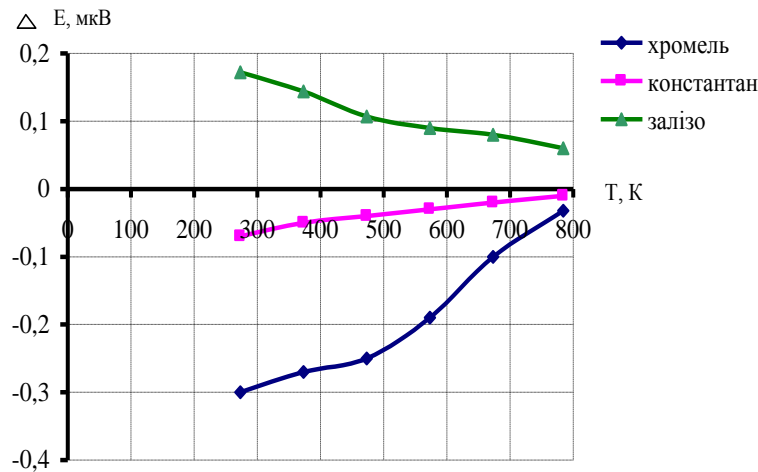


Рис.3 Залежність наведеної інтегральної термо- Е.Р.С. хромелю, константану, заліза від температури ізохронного відпалу

З рис.3 слідує, що в результаті ізохронного відпалу спостерігається стабілізація термо-Е.Р.С. константану та майже повне відновлення його властивостей. Відхилення термо-Е.Р.С. хромелю і заліза усувається в процесі ізохронного відпалу, дещо менше порівняно з константаном, що пояснюється лише частковим усуненням структурних дефектів, які утворилися після прокатування.

Висновки. Отримані дані можна використовувати для коректування показів термопар Х-Кн та З-Кн під час виготовлення та експлуатації. При ступені деформації $\varepsilon = 30\%$ для термопари Х-Кн відхилення показів складає близько 2 % або 10 К, а для термопари З-Кн - близько 3 % або 15 К при температурах спаїв 293 К і 773 К.

1. Куритнык И.П., Бурханов Г.С., Стаднык Б.И. Материалы высокотемпературной термометрии.- М.:Металургия, 1986.-204 с.
2. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы.-3-е изд.,перераб.-М.: «Энергия»,1978.-704 с.,ил.
3. Рыбаков И.Ф., Шепелев И.М. Термоэлектродные провода и кабели.-М.: Энергия, 1980.-128С.,ил.
4. Рогельберг И.Л., Бейлин В.М. Сплавы для термопар. Справоч. изд. М.:Металургия,1983.-360с.