

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ДЕФОРМУЄМОСТІ ДО РОЗРОБКИ РЕЖИМІВ ВОЛОЧІННЯ ДРОТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПИТОМИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ ОПІР ТОНКИХ (100-70 МКМ) ДРОТІВ З ТЕРМОПАРНИХ СПЛАВІВ

О.Ю. Снівак, м. Вінниця, ВНТУ

Металічні термоелектричні матеріали мають досить цінний комплекс фізико-хімічних та технологічних властивостей: жаростійкість та жароміцність, стійкість проти дії агресивних середовищ, радіаційного опромінення, різких перепадів температури, механічних навантажень, і є перспективними для виробництва швидкісних датчиків температури і термоелектричних генераторів (ТЕГ).

Стримує розробку таких датчиків і малогабаритних ТЕГ на металевій основі відсутність технології одержання тонких дротів, перерізом 50-100 мкм, про що свідчить відповідна нормативна документація, яка поширюється на дроти діаметром від 200 мкм і більше. Для більш тонких дротів із сплавів хромель, копель, алюмель технологія волочіння відсутня, а механічні та електрофізичні властивості тонких дротів вивчені недостатньо. Разом з тим, при конструюванні ТЕГ на основі металів та їх сплавів, ряд характеристик ТЕГ спеціального призначення, таких як компактність, потужність, швидкодія тощо, вдається забезпечити лише з використанням металевих термоелектричних матеріалів у вигляді тонкого дроту з перерізом 100 мкм і менше, за умови збереження їх оптимальних електрофізичних характеристик, високої якості поверхні мікродроту та інших вимог.

Разом з тим, використання феноменологічної теорії деформуємості дозволяє не лише отримати технологію отримання тонких дротів, а й управляти їх службовими характеристиками в процесі волочіння [1].

Метою даної роботи є розробка, на підставі феноменологічної теорії деформуємості, маршрутів волочіння тонких (100 -70 мкм) дротів з термопарних сплавів хромель та копель і дослідження впливу деформації волочінням на зміну електричного опору цих матеріалів.

Проведений аналіз деформуємості дозволив запропонувати наступні методи розподілу обтиснень для холодного волочіння між термообробками [2].

Заготовки для волочіння нормалізують для зняття напружень, після чого їх зразки випробовують на розтяг до руйнування і визначають початкову деформацію e_p .

Зразок заготовки протягують через волоку і знову випробовують на розтяг, визначають накопичену інтенсивність деформацій e'_p .

Визначають використаний ресурс пластичності ψ' .

За формулою $d^{(n)} = D^{(n)} \exp\left(\frac{e_p^{(n)}}{2} \Psi_p^{(n) \frac{1}{0,2C_\alpha^{(n)}+1}}\right)$ визначають

мінімально можливий діаметр дроту d_i , при деформації волочінням без руйнування і призначають маршрут волочіння до цього діаметра виходячи з наявності волок. Протягують заготовки до діаметра d_i .

Коефіцієнт C_α визначають наступним чином:

а) проводять пробне волочіння дроту в умовах максимально наближених до реальних з обтисненням $\delta < 25\%$;

б) визначають граничну деформацію e_p при розтягуванні отриманого дроту;

в) розраховують C_α за формулою: $C_\alpha = 5\left[\frac{\ln(1 - e'_p / e_p)}{\ln(-\ln(1 - \delta / 100) / e'_p)} - 1\right]$.

Проводять термообробку зразків заготовки і випробуванням на розтяг термооброблених зразків визначають граничну деформацію e''_p і новий ресурс пластичності ψ'' . Цикл повторюють стільки раз, скільки необхідно для досягнення необхідного діаметра.

Режими попередньої термообробки вибирають таким чином, щоб структура металу у вихідному стані і після циклу деформація-термообробка була ідентичною. При цьому діаграму пластичності

будують за результатами випробування на розтяг: $e_{ip} = 2 \ln\left(\frac{D}{d_{iu}}\right)$,

де D - вихідний діаметр дроту, d_{iu} - діаметр шийки після руйнування зразка при розтягуванні.

Зміною температури і часу витримки зразків в печі, підібрано такі режими термообробок, які дають найбільшу величину відновленого запасу пластичності $\Delta\psi$.

Питомий опір вимірювали двозондовим методом, [3], до зразка приварювали мідні струмопідводи. В двох точках до зразка приварювались термопари платинородій-платина II розряду, платинові вітки яких використовувались як зонди, а самі термопари - для контролю температури зразка. Різниця потенціалів на зондах знаходилась компенсаційним методом, тому що при вимірюванні вольтметром спад напруги на самих зондах та в точках контакту їх із зразком - величини одного порядку з вимірюваною напругою. Для виключення впливу електричної асиметрії зондів та впливу ефекту Пельтьє виміри проводились при двох напрямках струму через зразок.

Оскільки зразки готувались з дроту, то переріз зразка можна вважати постійним, а зонди приварювались на відстані 2-3 діаметрів зразка від струмових контактів, для виключення викривлення ліній струму та зменшення похибки вимірювань. Вимірювання проводились в вакуумі з залишковим тиском 5×10^{-5} Па. Піч виконана з пайрекссової трубки, нагрівник - вольфрам.

Результати дослідження впливу режимів волочіння на питомий опір мікродротів з сплавів копель та хромель показані на рис. 1.

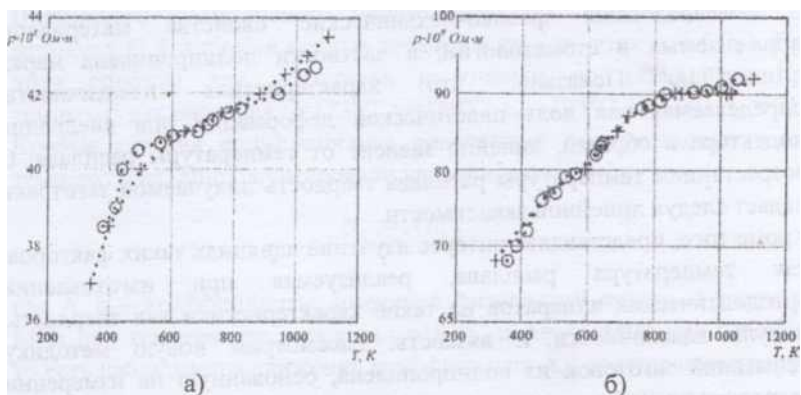


Рис. 1. Зміна питомого опору термопарного сплавів копель (а) і хромель (б) в результаті волочіння + - d=500мкм; o - d=100 мкм.

Вплив пластичної деформації волочінням на питомий опір термопарних сплавів хромель та копель (досліджувались дроти діаметром 100 мкм, отримані волочінням із передільного дроту діаметром 500 мкм, виготовленого у ЦНІИ «Гипроцветметобработка» (м. Москва) незначний. Зміна питомого електричного опору в процесі волочіння, за запропонованими нами маршрутами волочіння, значно менша ніж його зміна при отриманні дротів за технологіями, отриманими за традиційними маршрутами, як для хромелю так і для копелю [4].

Література

1. Огородников В. А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении / В. А. Огородников. - К.: УМК ВО, 1989. - 152 с.
2. Пат. 2681011А, МПК (2006) В21С 1/00 Спосіб виготовлення холоднотягнутого дроту / В. А. Огородников, О. Ю. Співак; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. - № Ц200704952; заявл. 03.05.2007; опубл. 10.10.2007,- Бюл. №16.
3. Методы измерения характеристик термоэлектрических материалов и преобразователей / [Охотин А. С., Пушкарский А. С., Боровикова Р. П., Симонов В. А.]. - М.: Наука, 1974. - 165 с.
4. Исследование сплавов для термопар IV. Труды ин-та "Гипроцветметобработка" / [ред. И. Л. Рогельберг]. -Вьп. XXXШМ.: Металлургия, 1971. -181 с.