

© 2002 р. А.А.Ащеулов, О.Г.Шайко-Шайковський*, А.В.Клепиковський*,
І.С.Романюк**

Інститут термоелектрики НАН України, Чернівці

* Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, Чернівці

** ВАТ "Кварц", Чернівці

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ НЕТОЧНОСТЕЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕРМОЕЛЕМЕНТІВ І РОЗКИДІВ ЗНАЧЕНЬ ЇХНІХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА НАДІЙНІСТЬ РОБОТИ ПРИБЛАДУ ДЛЯ ТЕРМОАКУПНКТУРИ НА МОДУЛЯХ ПЕЛЬТ'Е

Запропоновано методику оцінки величин технологічних і експлуатаційних напруг, що виникають у матеріалі термоелементів двокаскадної термоелектричної батареї приладу для термоакупунктури. Методика враховує неточності виготовлення термоелементів і їхній вплив на величину складальних технологічних напруг, вплив перепадів температури по каскадах термоакупунктури, вплив розкидів значень модуля Юнга термоелектричного матеріалу на міцність елементів конструкції приладу.

The technique of estimating the values of technological and operational tensions, occurring in the material of the thermoelement of a two-stage thermoelectrical battery of the device for thermoacupuncture is suggested. The technique is worked out taking into consideration the inaccuracies of making thermoelements and their influence on the value of assembling technological tension, the impact of temperature difference on the thermobattery cascades, the influence of the spread in Yung module values of thermoelectric material on the resistibility of the device's construction element.

Для проведення термоакупунктури використовується пристрій, робота якого заснована на ефекті Пельтьє і, що дозволяє в залежності від вимог і медичних показань здійснювати нагрівання або охолодження відповідних ділянок шкіри пацієнта [1,2].

Основу конструкції складає двокаскадна термоелектрична батарея з кристалічного телуриду вісмуту Bi_2Te_3 [3]. На верхню грань цієї двокаскадної батареї поміщений голкоподібний теплопровідний зонд із конічною підставою, призначений для впливу на обрану біологічно активну точку (БАТ) чи ділянку шкіри (рис. 1).

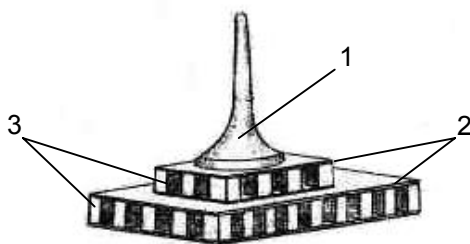


Рис. 1. Термоелектрична батарея з термозондом приладу для термоакупунктури: 1 – термозонд, 2 – тепловий переходи, 3 – термоелементи.

Нагрівання чи охолодження теплопровідного зонда здійснюється відповідною зміною полярності електричного струму через термоелектричну батарею. Тривалість, конфігурація і величина теплових пульсів на виході приладу визначається законом зміни струму через термоакупунктуру, забезпечуючи роботу приладу в статичному чи динамічному режимі [4].

У роботі проведена оцінка впливу неточностей виготовлення по довжині термоелементів на складальні технологічні напруги, що виникають при зборці термоелементів в окремі каскади, установлений вплив перепадів температури і розкидів значень модуля Юнга термоелектричного матеріалу на величину експлуатаційних напружень, що виникають у термоелементах у процесі експлуатації виробу.

Проведені дослідження дозволяють оцінити прийнятність значень границь полів допусків, установлених технічною документацією на технологічну операцію розпилювання Bi_2Te_3 оцінити міцність виробу.

При номінальних значеннях довжин термоелементів для визначення виникаючих темпера-

турних напружень використовується вираз:

$$\sigma_a^i = \frac{(T_2^i - T_1^i)(2\alpha_n l_n^0 + \alpha_T l_T^0)}{\frac{2l_n^0}{E_n} + \frac{2l_T^0}{E_T}}, \quad (1)$$

де i – номер каскаду, T_i – робоча температура i -го теплопереходу, α_n – коефіцієнт лінійного температурного розширення матеріалу припою, α_T – коефіцієнт лінійного температурного розширення термоелектричного матеріалу Bi_2Te_3 , l_n^0 – номінальне значення товщини шару припою на торці термоелемента, l_T^0 – номінальне значення довжини термоелемента, E_n – модуль Юнга матеріалу припою, E_T – модуль Юнга матеріалу термоелемента.

Напруження при максимальній довжині термоелементів і мінімальній товщині шарів припою на їх торцях:

$$\sigma_b^i = \frac{(T_2^i - T_1^i)(2\alpha_n l_n^{\min} + \alpha_T l_T^{\max})}{\frac{2l_n^{\min}}{E_n} + \frac{2l_T^{\max}}{E_T}}, \quad (2)$$

де l_T^{\max} – максимальне значення довжини термоелемента, l_n^{\min} – мінімальне значення товщини шару припою на торці термоелемента.

Напруження при мінімальній довжині термоелементів і максимальній товщині шарів припою по їхніх торцях:

$$\sigma_c^i = \frac{(T_2^i - T_1^i)(2\alpha_n l_n^{\max} + \alpha_T l_T^{\min})}{\frac{2l_n^{\max}}{E_n} + \frac{2l_T^{\min}}{E_T}}, \quad (3)$$

де l_T^{\min} – мінімальне значення довжини термоелемента, l_n^{\max} – максимальне значення товщини шару припою на торці термоелемента

Унаслідок розкидів значень довжини термоелементів навіть у границях полів допусків напруження в матеріалі Bi_2Te_3 можуть знаходитися в діапазоні значень:

$$\sigma = (45,61 \div 63,32) \text{ МПа}. \quad (4)$$

Недосконалість технології виготовлення термоелементів, зокрема, фізичний знос устаткування, використаного для розпилювання монокристала на окремі "таблетки" може приводити до відхилення геометричних розмірів термоелементів поза границі полів допусків, і як наслідок, – до ще більшого діапазону виникаючих технологічних складальних напружень.

У реальних умовах робота приладу здійснюється в двох режимах (нагрівання-охолодження) при перепадах температури:

1. $\Delta T' = (-15 \div +20)^\circ \text{C}$;
2. $\Delta T'' = (43 \div 20)^\circ \text{C}$.

У робочих режимах роботи приладу найбільший діапазон діючих експлуатаційних напружень буде:

$$\sigma = (15,95 \div 22,14) \text{ МПа}. \quad (5)$$

Приймаючи значення коефіцієнт запасу міцності $K=2,5$ одержимо, що допустиме напруження для термоелектричного матеріалу

$$[\sigma] = \frac{\sigma_B}{K} = (42,36 \div 105,84) \text{ МПа}, \quad (6)$$

де σ_B – межа міцності, $[\sigma]$ – допустиме значення напружень

З отриманих даних випливає, що діючі експлуатаційні напруження допустимого значення $[\sigma]$, умова міцності, таким чином, забезпечується.

Визначимо вплив на міцність виробу неточностей виготовлення термоелементів, що зумовлюють виникнення технологічних складальних напружень при двох екстремальних режимах роботи: холодному та гарячому ударах.

Напруження в цьому випадку будуть визначатися за виразом:

$$\sigma = \frac{\Delta}{\left[\frac{2(l_n^{\min} + l_n^{\max})[1 - \alpha_n(t_2 - t_1)]}{E_n} \right]} + \frac{\Delta}{\left[\frac{2(l_T^{\min} + l_T^{\max})[1 - \alpha_T(t_2 - t_1)]}{E_T} \right]}, \quad (7)$$

де Δ – зазор між торцевими поверхнями термоелементів і теплопереходом.

Величину Δ можна визначити з рівняння сумісності деформацій:

$$\Delta = (t_2 - t_1) \left[2\alpha_n(l_n^{\min} - l_n^{\max}) + \alpha_T(l_T^{\max} - l_T^{\min}) \right]. \quad (8)$$

Проводячи обчислення отримаємо, що можливий діапазон значень напружень унаслідок температурних деформацій буде:

$$\sigma = (-0,1542 \div -0,2744) \text{ МПа}. \quad (9)$$

Розрахункові значення напружень свідчать, що якщо прийняти гіпотезу про ймовірний розподіл довжин термоелементів у генеральній сукупності по нормальному закону і відповідність

математичного очікування номінальному значенню величини модуля Юнга Bi_2Te_3 , то умова міцності термоелектричного матеріалу забезпечується.

Розрахунки показують, що облік зміни модуля Юнга термоелектричного матеріалу $E_T = (40 \div 60)$ ГПа приводить до зміни границь можливого діапазону технологічних напружень:

$$\sigma = (-0,0715 \div 0,4483) \text{ МПа}, \quad (10)$$

що значно ширше діапазону значень, отриманих при розрахунку для номінальних величин модуля Юнга (9).

Тоді сумарні значення технологічних і експлуатаційних напружень можуть знаходитися в діапазоні:

$$\sigma = (16,02 \div 22,59) \text{ МПа}, \quad (11)$$

що значно менше значень, що допускаються, (6). Це означає, що в робочих діапазонах температур приладу, за умови, що довжина всіх термоелементів знаходиться в межах допуску на виготовлення, міцність виробу забезпечується.

При виготовленні і використанні термоелементів з розкидами по довжині, що виходять за межі полів допусків, отримані діапазони значень напружень можуть бути істотно ширші і за певних умов перекривати значення допустимих напружень, що буде свідчити про можливість порушення умови міцності.

Запропонована методика і проведені розрахунки дозволяють на етапі проектування оцінювати величину виникаючих технологічних і експлуатаційних напружень, виробляти рекомендації і висновки про величину допустимих розкидів фізико-механічних характеристик, що використовуються, а також – оцінити прийнятність границь полів допусків на геометричні параметри деталей і елементів при виготовленні виробу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лукичев Н.Л. Электропунктурная диагностика, гомеотерапия и феномен дальнего действия. - М.: ИПК ИРИЦС, 1990.
2. Вайнер Л.А. Каскадные термоэлектрические источники холода. - М.: Советское радио. 1978.
3. Acheulov A.A., Boretz V.Y., Dobrovolskij Yu.G., Romanuk I.S., Shaiko-Shaikovski A.G. // A Unit for Thermal reflexography, Journal of Thermoelectricity. - 1999. - No.4. - P.81-84.
4. Мачерет Е.Л., Самосюк И.З. Руководство по рефлексотерапии. - Киев: Вища школа. 1982.
5. Писаренко Г.С., Яковлев М.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. - Киев: Наукова думка. 1975.