

6. Лабай В.Й. Вплив повітряних потоків у випарнику і конденсаторі на втрати ексергії у компресорі split-кондиціонерів// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.4. – С. 249-254.

7. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник, изд. 3-е. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.

8. Лабай В.Й., Омельчук О.В., Ярослав В.Ю. Ексергетична оцінка роботи місцевих автономних кондиціонерів "Sanyo"// Вісник НУ "Львівська політехніка": Теорія і практика будівництва. – 2005, № 545. – С. 108-113.

9. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодильоснабжение: Учебн. для вузов. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с.

10. Sanyo, Technical data, W-Eoo Multi. G0900.

УДК 536.532

Доц. В.О. Фединець, канд. техн. наук –
НУ "Львівська політехніка"

КРИТЕРІЙ ВИБОРУ ТЕПЛО- ТА ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Запропоновано критерій вибору тепло- та електроізоляційних матеріалів для засобів вимірювання температури.

Ключові слова: критерій, засіб вимірювання, температура, матеріали.

Assoc. prof. V.O. Fedynets – NU "L'vivs'ka Politechnica"

Criterion of choice warmly- and electroisolational materials for facilities of measuring of temperature

In the article the criterion of choice is offered warmly- and electroisolational materials for facilities of measuring of temperature.

Keywords: criterion, measuring mean, temperature, materials.

Постановка задачі

У сучасних галузях промисловості пред'являються досить жорсткі вимоги до характеристик точності засобів вимірювання температури (ЗВТ). У ряді галузей це пов'язано з вимогами правил безпеки. Тому необхідно забезпечити таке конструктивне та технологічне виконання ЗВТ, яке давало б можливість застосовувати їх в жорстких умовах експлуатації.

Одним із напрямків створення високоточних ЗВТ є використання термометричних та конструктивних матеріалів зі спеціальними властивостями, високою стабільністю їх електрохімічних, хімічних та механічних властивостей в широкому діапазоні зміни температур. У табл. 1 наведено взаємозв'язок основних технічних параметрів ЗВТ з їх конструктивними особливостями і властивостями матеріалів, що в них застосовуються.

Аналіз публікацій

Аналіз стану матеріалознавства у термометрії [1-3] показав необхідність розроблення критерію вибору (а при необхідності і створення) термометричних та конструктивних матеріалів. При цьому необхідно враховувати цілий ряд вимог (іноді і суперечливих) як до властивостей матеріалів, їх технологічності та сумісності між собою і досліджуваним середовищем, так і до однорідності і стабільності метрологічних характеристик у ході експлуатації.

Табл. 1. Взаємозв'язок основних технічних параметрів ЗВТ з їх конструктивними особливостями і властивостями матеріалів

Основні параметри ЗВТ	Чинники, які визначають ці параметри
Діапазон вимірювання	Температура плавлення, жаростійкість, летучість чутливого елемента (ЧЕ), електричного ізолятора (ЕІ), захисної арматури (ЗА) і захисного покриття (ЗП); сумісність між собою матеріалів ЧЕ, ЕІ, ЗА і ЗП; хімічна стійкість ЗА і ЗП до вимірюваного середовища
Номінальна статична характеристика перетворення (НСХ)	Хімічний склад, фізичний стан, електрофізичні властивості і їх відтворюваність, електричний опір ЕІ; технологія виготовлення матеріалів ЧЕ
Похибка вимірювання	Фізико-хімічна однорідність, термомеханічні напруження, стабільність електрофізичних властивостей матеріалу ЧЕ; електричний опір ЕІ; технологія виготовлення ЧЕ; методи звірювання та конструктивні особливості ЗВТ
Інерційність	Теплопровідність та теплоємність матеріалів ЧЕ, ЕІ, ЗА, ЗП; конструкція робочого кінця та захисної арматури ЗВТ
Надійність	Матеріали, конструкція, технологія виготовлення, методи випробувань ЗВТ

Для термометричних матеріалів такий критерій розроблено і він визначається наступною залежністю [3]:

$$K_{че} = \frac{T_{пл} \cdot T_p \cdot T_{вз}}{T_{хл} \cdot \Delta_n \cdot \Delta_c}, \quad (1)$$

де: $K_{че}$ – критерій вибору матеріалу ЧЕ ЗВТ; $T_{пл}$ – температура плавлення (характеризує жаротривкість), К; T_p – температура рекристалізації, К; $T_{вз}$ – температура початку взаємодії з конструкційними матеріалами або вимірюваним середовищем (характеризує сумісність), К; $T_{хл}$ – температура переходу в крихкий стан (характеризує технологічність), К; Δ_n – неоднорідність термометричних властивостей (відхилення від НСХ), К; Δ_c – зміна термометричних властивостей за 2 год. нагрівання при температурі верхньої межі робочого діапазону (стабільність показів), К.

Розрахунками встановлено, що для досягнення сучасного рівня технічних та метрологічних параметрів термометричні матеріали високотемпературних ЗВТ повинні мати значення $K_{че}$ не нижче 10^5 .

Мета роботи. На основі аналізу публікацій та власних досліджень автора запропонувати критерій вибору тепло- та електроізоляційних матеріалів, який доцільно застосовувати під час розроблення реальних конструкцій високотемпературних ЗВТ.

Виклад основного матеріалу

Дослідженню термометричних матеріалів присвячено велику кількість публікацій [4, 5], в яких достатньо повно вивчено їх термоелектричні властивості, вплив досліджуваних середовищ, радіації, високого тиску, деформацій, термоциклічних впливів тощо на зміну термо-е.р.с. та її стабільність.

Найбільші труднощі вибору конструктивних тепло- та електроізоляційних матеріалів виникають при вимірюванні температури газових середо-

вищ, де за самою природою можливі швидкі зміни температури, а також погіршені умови теплообміну між середовищем і ЗВТ. Тому вибору матеріалів для забезпечення необхідних експлуатаційних та метрологічних характеристик ЗВТ газових середовищ необхідно приділяти велику увагу.

Важливим елементом ЗВТ є вогнетривка теплова та електрична ізоляція, яка істотно впливає на їх надійність, динамічні характеристики та точність вимірювання температури.

При виборі конструктивних теплоізоляційних матеріалів високотемпературних ЗВТ необхідно враховувати їх наступні властивості: жаростійкість у вимірюваному середовищі, термостійкість, газощільність, теплоємність, теплопровідність, температурний коефіцієнт лінійного розширення, технологічність, хімічну сумісність з термометричними матеріалами і матеріалами захисної арматури, наявність домішок, що впливають на основні властивості.

Такі властивості теплоізоляційних матеріалів як жаростійкість, термостійкість, технологічність та хімічна сумісність матеріалів між собою визначаються температурами плавлення, переходом в хрупкий стан, початком взаємодії з конструкційними матеріалами або вимірюваним середовищем. Для забезпечення необхідних динамічних властивостей та похибки ЗВТ конструктивні теплоізоляційні матеріали повинні мати певні значення питомої теплоємності C_p , коефіцієнта теплопровідності λ та густини ρ . Вказані параметри пов'язані між собою коефіцієнтом температуропровідності a , який визначається відомою залежністю

$$a = \frac{\lambda}{C_p \cdot \rho}. \quad (2)$$

Коефіцієнт температуропровідності є фізичним параметром теплоізоляційного матеріалу і служить мірою його теплоінерційних властивостей. За інших однакових умов швидше нагрівається або охолоджується те тіло, яке має більше значення коефіцієнта a . Він істотний для нестационарних теплових процесів і характеризує швидкість зміни температури.

Основною функцією електроізоляційних матеріалів є забезпечення необхідної величини електричної ізоляції термометричних матеріалів між собою, а також із захисною арматурою. Необхідно враховувати, що при високих температурах різко зменшується електричний опір електроізоляційних матеріалів. Внаслідок цього відбуваються різноманітні шунтування електричного кола чутливого елемента ЗВТ і виникає додаткова похибка, яка при вимірюванні температури до 2500...3000 °C може досягати до 200 °C [6]. Тобто, питомий електричний опір електроізоляційних матеріалів, що визначає електричний опір ізоляції, буде впливати також і на величину основної похибки вимірювання температури у цих умовах.

Теоретичні розрахунки показують, що для того, щоб відхилення НСХ чутливого елемента ЗВТ не виходило за допустимі межі, встановлені вимогами чинних стандартів, питомий електричний опір електроізоляційних матеріалів не повинен бути меншим від значень, наведених у табл. 2.

Табл. 2. Необхідні значення питомого електричного опору електроізоляційних матеріалів

Тип ЗВТ	Питомий електричний опір, $\rho \cdot 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ при температурі, °C					
	20	300	500	850	1000	1500
Термоперетворювач опору	50000	1000	500	350	-	-
Термоелектричний перетворювач	50000	500	35	10	5	0,0005

Крім цього, як елемент конструкції ЗВТ електроізоляційні матеріали повинні також витримувати механічні навантаження і захищати чутливий елемент від впливу досліджуваного середовища, тобто мати певні значення границі міцності на розтягування σ і модуль пружності E .

Таким чином, основними параметрами, що визначають придатність матеріалів для використання їх як електроізоляторів високотемпературних ЗВТ є: питомий електричний опір (впливає на величину основної похибки вимірювання температури), хімічна сумісність з термометричними матеріалами та захисною арматурою, наявність домішок, що впливають на стабільність властивостей термометричних матеріалів, а також технологічність, термостійкість, газощільність, тощо (оскільки вони є елементами конструкції ЗВТ).

Враховуючи сказане вище, запропоновано критерій вибору тепло- та ізоляційних матеріалів K_m при конструюванні реальних конструкцій високотемпературних ЗВТ:

$$K_m = \frac{a \cdot T_{\text{вз}} \cdot \sigma \cdot 10^6}{\alpha \cdot \Delta_{\text{дон}} \cdot T_{\text{хн}} \cdot E}, \quad (3)$$

де: $1 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт пропорційності, введений для того, щоб числове значення критерію було безрозмірним і прийнятним для практичних розрахунків; α – температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу; $\Delta_{\text{дон}}$ – допустиме значення основної похибки приймача згідно з чинною на нього нормативно-технічною документацією.

Проведені автором розрахунки і експериментальні дослідження тепло- та електроізоляційних матеріалів показують, що для надійного вимірювання у високотемпературних (вище 1000 °C) газових середовищах, з забезпеченням ЗВТ необхідних метрологічних характеристик, матеріали повинні мати значення K_m не нижче, ніж 0,8...1,0.

Література

1. Рогельберг И.Л., Бейлин В.И. Сплавы для термопар. – М.: Металлургия, 1983. – 360 с.
2. Куритный И.П., Бурханов Г.С., Стадник Б.И. Материалы высокотемпературной термометрии. – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.
3. Куритный И.П., Гиль Б.И., Фединец В.А., Стадник Б.И. Приборы для измерения температуры газовых потоков. – М.: ЦНИИТЭИприборостроения – 1987, вып. 1. – 40 с.
4. Хаяк Г.С., Куранов А.А., Чебыкин М.А. Промышленные изделия из благородных металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1985. – 264 с.
5. Kinzie P.A. Thermocouple Temperature Measurement/ N.Y.-L.: Wiley-Intersciens Publ., 1973. – 278 p.
6. Данишевский С.К., Сведе-Швец Н.И. Высокотемпературные термопары. – М.: Металлургия, 1977. – 231 с.