

2. ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕПЛОМЕТРИЧНИХ КАЛОРИМЕТРІВ

О.Г. Мазауренко, Л.В. Декуша, Л.Й. Воробйов

*Український державний університет харчових технологій
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Для контролю різноманітних біохімічних і мікробіологічних процесів на підприємствах харчової промисловості, теплоти згоряння палив на підприємствах енергетичного комплексу та інших цілей, використовують застарілі за конструкцією, або поодинокі сучасні зразки калориметричних установок. В загальному випадку сучасна калориметрична установка складається з калориметра та засобів підтримання у ньому відповідних теплових режимів, вимірювання і обробки сигналів первинних перетворювачів. Враховуючи збільшення попиту на такі установки, нами розроблена напівпромислова технологія та налагоджено дрібно серійне виробництво калориметрів, призначених для виконання різного роду калориметричних вимірювань, які комплектуються стандартними, або спеціальними вторинними регулюючими і вимірювальними пристроями.

Одним з важливіших елементів любого калориметра є так звана теплометрична оболонка (ТО). Виконується ТО, звичайно у вигляді відкритого за торцями циліндру, який сформований з плоскої спіралі основного термоелектричного дроту, дискретно покритого шаром парного термоелектричного матеріалу. При виготовленні ТО калориметрів, що призначені для дослідження явищ у середньому діапазоні температур, спіраль звичайно виготовляють з дроту константану. В якості парного термоелектричного матеріалу, шар якого на константані утворюють гальванічним способом, використовують мідь.

Для надання циліндричній конструкції потрібної жорсткості, спіраль скріплюють (заливають) неелектропровідним компаундом, значення коефіцієнту об'ємного розширення якого максимально наближено до значення коефіцієнту об'ємного розширення матеріалу корпусу калориметра. Так, уразі виконання корпусу калориметра з алюмінію, звичайно використовується компаунд, який містить 36 масових часток епоксидної кремнійорганічної смоли Т-111, 14 часток поліаміду ЛІ-20 (отверджувач) і 50 часток наповнювача – меленого кварцового скла. Внутрішню та зовнішню поверхні ТО армують шарами тканини з бавовни.

Оскільки властивості матеріалів, що використовують при виготовленні ТО, в кінцевому рахунку впливають на величину коефіцієнту k перетворення калориметра по тепловому потоку (обумовлюється технічним завданням), то вірність рішень на стадіях проектування і виготовлення ТО, стосовно значень окремих параметрів, перевіряють за результатами рішення системи, складеної із співвідношень:

$$\ln \left[1 + \frac{(f_1 + f_2 + f_3)h/r}{(f_1 + f_2 + f_3)(1 - 0,5h/r) - 2f_1 - f_2} \right] = \frac{(f_1 + f_2 + f_3)h}{f_3 r}$$

$$k = \frac{1 + (\rho_2 f_1) / (\rho_1 f_2)}{\alpha_{12} h} (2\lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + \lambda_3 f_3)$$

де 1, 2, 3 — індекси при величинах, які відносяться до матеріалів ТО, відповідно, основний та парний термоелектродні матеріали, епоксидний компаунд; r — середній радіус ТО; h — висота спіралі; f_1, f_2, f_3 — площі

поперечних перерізів відповідних матеріалів ТО; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ — теплопровідності відповідних матеріалів ТО; α_{12} — коефіцієнт термо-ЕРС пари термоелектричних матеріалів; ρ_1 та ρ_2 — питомий опір, відповідно, основного та парного термоелектродів.

Після витримки ТО при температурі $333 + 353\text{K}$ протягом $50 + 60$ годин, що необхідно для полімеризації компаунду, її вклеюють в зазор між стаканом калориметричної комірки та корпусом калориметру. Перевірку якості клейового з'єднання, а також штучне "старіння" матеріалів оболонки здійснюють шляхом утворення різноманітних термоциклічних навантажень протягом 80 діб. Експериментально встановлено, що електричний опір ізоляції між ТО та корпусом приладу протягом таких випробовувань збільшується у кілька разів і, у кінцевому рахунку, досягає понад 20 МОм.

Далі кожен з виготовлених калориметрів проходить індивідуальне градуювання і при необхідності державну метрологічну атестацію.

За наведеною вище технологією вже виготовлено і впроваджено на підприємствах України та СНД близько 20 калориметричних установок. Залежно від мети калориметричних досліджень вимірювальні комірки приладів мають місткість $10 + 1500 \text{ см}^3$. Досягнута максимальна чутливість калориметру становить близько $0,5 \text{ В/Вт}$, що, навіть у разі використання стандартної вторинної вимірювальної апаратури, дає можливість реєструвати теплові явища потужністю від $2 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}$.