

УДК 621.31

КОМПЛЕКС ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ТЕРМОПАР З АКУСТИЧНИМ КОНТРОЛЕМ

© Прохоренко С.В.^{1,2}, Стадник Б.І.^{1,3}, Панас А.², 2005¹ Національний університет "Львівська політехніка;² Військово-технічна Академія, м. Варшава, Польща;³ Жешівська політехніка, Польща

Пропонується проводити контроль дрейфу еталонного термометра за реєстрацією сигналу акустичної емісії (АЕ), генерованого при плавленні робочої речовини комірок з евтектичними стопами, температури топлення котрих рівномірно перебивають повірюваний діапазон. Одночасно проводиться контроль спектру АЕ-сигналів у матеріалі повірюваних термопар та їх спайів, що гарантуватиме відсутність у них напружень, котрі не перевищують певної межі

При проведенні температурних вимірювань термопарами як джерело інформації про термодинамічний стан об'єкта використовують зміну термо-е.р.с., що генерується на холодних кінцях термоелектродів. Проблема полягає у тім, що структурно-термодинамічний стан самих дротів, рівно ж як і місць спаю піддається під час експлуатації змінам внаслідок дії зовнішніх впливів. Найбільш шкідливими є корозійні явища та формування напружень у матеріалі. Згідно з [1] існують зворотня та незворотня нестабільності властивостей хромелю. Зворотня нестабільність термометричних характеристик виникає у інтервалі 250÷550°C і вона сягає 3÷4°C у хромель-алюмелевій термопарі. Цей вид нестабільності пояснюється ближнім впорядкуванням атомів хрому у кристалічній ґратці нікелю і її частково уникають попереднім відпалом хромелю. Незворотня нестабільність зумовлена зміною хімічного складу у процесі тривалої експлуатації термоелектродів, а тому її уникнути неможливо. Щоправда, вона сягає лише $\pm 1\%$ і вводиться у похибку вимірювання. Значно вищою є нестабільність, яка зумовлена локальними термомеханічними напруженнями. Її рекомендують зменшувати проміжними відпалами, проте питання на сьогоднішній день ще є недостатньо вивченим. Зокрема, принциповим є те, до якого ступеня пластичної деформації структуру можна повернути до вихідного стану, або хоча б наблизити до стану термодинамічної рівноваги шляхом рекристалізації.

Останнім часом більш широко поширюється практика заміни стандартних промислових термопар кабельними термопарами блочно-модульної будови, що, зокрема, забезпечує можливість проведення їх перевірки з меншими інтервалами часу та зусиль. Згі-

дно широко розповсюджених методик — перевірка проводиться шляхом порівняння показів досліджуваних термопар з еталонною, або термометром опору. Суттєвим проте є те, що їх характеристики також змінюються при багаторазовому термоциклуванні.

Базуючись на цих моментах, нами опрацьована та апробована технологія удосконаленої перевірки порівнянням. При опрацюванні методики нами враховувалося те, що більш високий рівень відтворюваності температури мають явища фазового переходу (ФП) першого роду у зразках з чистих металів та їх евтектичних сумішей [2], а також те, що у процесі реалізації згаданих ФП відбувається не лише зміна потоку теплової енергії, що струменить крізь зразок ("плато ФП"), але має місце більш довгохвильова емісія від зразка (зокрема, акустична емісія — АЕ)[3,4]. Додатково нами апробувалася методика визначення рівня напружень, що виникають за між-повірочний інтервал у термоелектродах шляхом контролю параметрів АЕ-випромінювання під час їх відпалу [5].

Як вже згадувалося, суттєвим недоліком при порівнянні термометрів з еталонним є наявність факту дрейфу термометричної характеристики у еталонного термометра (суттєва, але обмежена кількість температурних циклів до втрати ним паспортного класу точності). Перевірка еталонного термоперетворювача вимагає або порівняння з термометром вищого класу, або приведення у термодинамічну рівновагу з контейнером, що містить робоче тіло, котре має фазовий перехід при відтворюваній температурі (температурним реперним пунктом (TRP)). В той же час суттєвим є те, що у нашому випадку фактично необхідно отримати інформацію про рі-

вень зміни показів еталону (еталонної терморпарі (ЕТ)). У класичних методиках порівняння з еталоном приймається, що (умовно кажучи) маса робочого тіла має перевищувати масу повірюваного пристрою. У розглядуваному випадку відбувається плавна зміна температури, а окрім того використовуються схеми термостатів із значним зворотнім зв'язком по температурі, для котрого дрейф абсолютних показів самого вимірювача температури (тобто ЕТ) не буде критичним. Тому у межах нашої методики проводиться поточний контроль ЕТ комірками TRP, де як робочу речовину використовують евтектичні суміші. Враховуючи згадані особливості процесу, а також розглянуту у [4] відмінність спектру сигналів АЕ при ФП різних структур, нами була апробована можливість використання малорозмірних комірок TRP, що перебувають у тепловій рівновазі та акустичному контакті з внутрішньою поверхнею масивного температуро-вирівнюючого блоку. ЕТ розміщено у об'ємі блоку стаціонарно, повірювані терморпарі приводяться у тепловий контакт з ним на час повірки. Враховуючи малі розміри комірок, можна обгрунтовано твердити про несуттєвість порушення температурного поля у об'ємі блоку (що підтверджується проведенням розрахунком). Повірка відсутності дрейфу самого ЕТ здійснюється контролем відповідності його показів моменту генерації коміркою АЕ-сигналу, реєстрованого апробованим комплексом [3].

Одночасно використовуваний АЕ-комплекс (по другому каналу зв'язку) проводить контроль параметрів спектру АЕ-сигналів, що надходять від терморпар. Відповідна зміна його параметрів свідчила б, як це було вказано у [5], про виникнення за міжповірочний період напружень у матеріалі терморпарі, або точці спаю та давала б підставу для рекомендації про проведення проміжного відпалу.

Суттєвою засторогою при використанні для контролю об'єктів, що частину часу перебувають у розтопленому стані (евтектичних стопів як температурних реперів), є те, що виникає суттєвий ризик модифікації їх структури, що спричинить зміну спектру АЕ-сигналів [4] та, відповідно, реперної температури. Зміни структури можуть бути як топологічними (характерне розтопам евтектик порушення гомогенності – розшарування/ седиментація), так і хімічними – корозія. Нами аналізувалися та тестувалися вплив різних зовнішніх впливів, що сприяють відновленню структурної однорідності у евтектиках. На базі підготовки стабільної у часі конструкційної оболонки для температурного репера з евтектикою Ga-In-Sn як робочої речовини було проведено дослі-

дження по утворенню акустопрозорої та хімічно-нейтральної захисної поверхні, що не генерує потужні АЕ-сигнали [9]. Отже, відтворюваність евтектичного температурного репера також з достатньою точністю контролюється АЕ-методом.

У підсумку можна ствердити, що запропонована методика сприятиме більш якісному та менш затратному проведенню повірки терморпар.

1. Термoeлектрические преобразователи температуры. Теория, практика, развитие /ред. А.В.Каржавин. /Обнинск. Тесей. -2001.
2. Б.Стадник, С. Прохоренко Евтектичні металеви розтопи як робочий матеріал відтворення стабільної термодинамічної температури // Матер. VIII міжнар. семінару метрологів. -Львів-Жешів. -2000. -с.109-114.
3. В.Бабак, С.Филоненко, С.Прохоренко. Аппаратно-компьютерная система для дифференциального термического анализа легкоплавких металлов и сплавов с регистрацией акустической эмиссии. // Вісник Київського університету цивільної авіації. -2000. -№1-2. -С.75-79.
4. Прохоренко С., Стадник Б., Бояр З. Контроль Гравітаційної Седиментації Робочого Елементу Температурного Ропера з Використанням Методики Акустичної Емісії // Вимірювальна техніка та метрологія. -2002. -№59. -С. 76÷80.
5. Сергій Прохоренко, Богдан Стадник. Гомогенізація евтектичного розтопу температурного репера шляхом віброобробки. // Вимірювальна техніка та метрологія. -2002. -№61. -С.44-46.
6. Prokhorenko S., Stadnyk B., Bylica A. Determination of structural and thermal-physic requirements of stabilization of an equilibrium crystallization of a eutectic alloys // Archives of Foundry. -2002. -V2. -№6. -P.189-194.
7. Прохоренко С., Панас А., Стадник Б. Вплив перегріву над плавленням на параметри фазового переходу для евтектичного температурного репера. // Вимірювальна техніка та метрологія. - 62, -2003, -С.39-41.
8. Prokhorenko S., Prokhorenko V., Mudry S., Halczak W., Panas A., Lutsyshyn T., Wojturski J. Effects of outside energetic treatment of metal melts on the process of crystallization, analyzed by AE-method and melting plateau stabilization // Journal of Materials Processing Technology. 2005. - бр. (in press)
9. Прохоренко В., Паздрій І., Кондир А., Прохоренко С., Борисюк А. Високотемпературна корозія аустенітних хромонікелевих сталей у розтопах на основі галію. //ФХММ. -2004. Спец.випуск. 1, т.4, -С.267-269.