

Залуцька Т.І. Спосіб підвищення точності визначення функції перетворення ультразвукових сенсорів // Вимірювальна техніка та метрологія. – № 64. – 2003. – С. 63–65.
 8. Жигальский Г.П. Неравновесный 1/f шум в проводящих пленках и контактах // Успехи физических наук. – Т.173. – № 5. – 2003. – С. 465–490.
 9. Стадник Б.І., Яцишин С.П. Статистично-деформаційна модель стабілізації метрологічних характеристик термперетворювачів // Вимірювальна техніка та метрологія. – № 63. – 2003. – С. 99–105.
 10. Золотухин И.В. Физические свойства аморфных метал-

лических материалов. М., 1986. 11. Огородников В.В.. Свободная энергия дисперсно-пористой системы // Опыт обобщенной теории спекания. // Под ред. Г.В.Самсонова. – International Team for Studying Sintering. Beograd. – 1973. 12. Булатов Н.К., Лундин А.Б. Термодинамика необратимых физико-химических процессов. М. – 1984. 13. Огородников В.В.. Описание кинетики спекания в рамках термодинамики необратимых процессов // Опыт обобщенной теории спекания. Под ред. Г.В.Самсонова. – International Team for Studying Sintering. Beograd. – 1973. – С. 225–234.

УДК 539.226

ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕВТЕКТИЧНОГО СПЛАВУ $\text{In-In}_2\text{Bi}$ ЯК РОБОЧОЇ РЕЧОВИНИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕПЕРА

© Сергій Прохоренко^{1,2}, Андрій Панас², Богдан Стадник^{1,3}, 2005

¹Національний університет “Львівська політехніка”
 вул. С. Бандери, 2, 79013, Львів, Україна.

²Військово-технічна академія (WAT), Варшава, Польща.

³Ряшівська політехніка, вул. В. Поля, 2, Ряшів, Польща

На основі калориметричних та прямих температурних вимірювань перевірено можливість використання евтектичного сплаву $\text{In-In}_2\text{Bi}$ як робочої речовини мобільного температурного репера, що давав би змогу виконувати повірку термопар та термометрів опору малого діаметра (до $\text{Ø}3\text{мм}$) у околі 70°C .

На основании калориметрических и прямых температурных измерений проверена возможность использования евтектического сплава $\text{In-In}_2\text{Bi}$ в качестве рабочего вещества мобильного температурного репера, который бы предоставлял возможность выполнять поверку термопар и термометров сопротивления малого диаметра (до $\text{Ø}3\text{мм}$) вблизи 70°C .

In work approbated on base of calorimetric and straight temperature measuring an use possibility of eutectic $\text{In-In}_2\text{Bi}$ alloy in quality of work matter of mobile temperature reference point, that enabled to take testing of thermocouple and little diameter (to $\text{Ø}3\text{мм}$) resistance thermometers in 70°C temperature region.

Наведені результати одержані нами у межах проекту із створення мобільного температурного репера, котрий давав змогу виконувати повірку термопар та термометрів опору малого діаметра (до $\text{Ø}3\text{ мм}$) у околі 70°C .

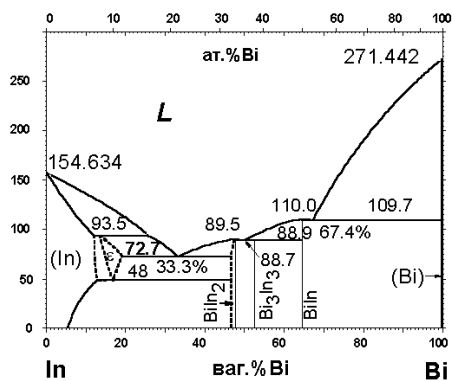


Рис. 1. Діаграма стану системи In-Bi

Як робочу речовину (РР) ми вибрали стоп In-Bi (рис. 1) евтектичної концентрації 33.3 ваг. %Bi, котрий у кристалічному стані являє собою суміш ϵ -твердого розчину на основі In та інтерметалічної фази In_2Bi .

Дослідження виконувалося методом диференціальної скануючої калориметрії (DSC). Ми враховували відмінність умов фазового переходу речовини, залежно від співвідношення його об'єму зразка до його площі поверхні. Зокрема, незважаючи на те, що у реперній комірці та вимірній комірці мікрокалориметра — різна швидкість нагрівання, співвідношення об'єм/поверхня зразка, процент поверхні зразка, що перебуває в контакт з матеріалом осередку — отримана за запропонованою Perkin-Elmer Co. технологією інформація може успішно застосуватися для порівняльного аналізу складів, що досліджуються.

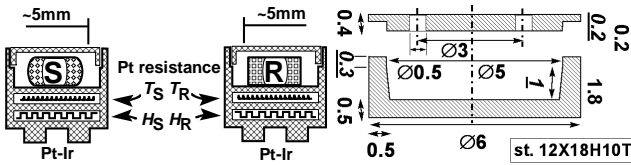


Рис. 2. Загальний вигляд та блок-схема "PYRIS 1 DSC" (на основі [2])

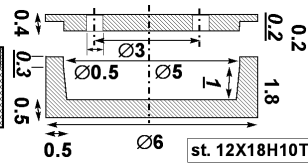


Рис. 3. Тигель, що встановлюється у вимірювальну комірку S (рис. 2)

Для досліджень було використано розроблений фірмою Perkin-Elmer "power compensation DSC" — скануючий мікрокалориметр з компенсацією потоку тепла "PYRIS 1 DSC" (див. рис. 2), розташований у інституті авіаційної технології WAT. Використання конструкцій подібного типу зумовлене необхідністю більш прецизійного дослідження особливостей фазового переходу першого роду як процесу зі значною густиною потоку генерованої енергії та необхідною нам високою точністю вивчення форми максимуму потоку тепла. Абсолютна похибка визначення потоку тепла мікрокалориметром подібної до Pyris-1 схеми вимірювання становить 3÷5%. Повторюваність результатів вимірювання кількості нагромадженого при фазовому переході тепла при незмінності методики вимірів (у одній серії вимірів) становить ±1%. Точність вимірювання температури ±0,1 К.

Зразок (S), синтезований з матеріалів чистотою, не меншою, ніж 99.999% (5N), порівнювався з сапфіровим блоком (R) — "еталонним" матеріалом, котрий у досліджуваному температурному інтервалі не має фазових переходів (ФП). Ємкості зі зразком та еталоном (виготовлені з платино-іридієвого стопу) плавно нагрівалися у масивному (щодо їх мас) блоці з лінійною зміною швидкості та стабілізованим осьовим тепловим потоком. За допомогою дискових платинових термометрів опору виконувалося вимірювання температури (T_R та T_S) досліджуваних ємкостей, а також потоку тепла ($HeatFlow = H_R - H_S$) по осі зразка та еталона, необхідного для зрівноваження їх температур ($T_R = T_S$).

Використовувані вимірювальні комірки для зразків (рис 3) виготовлені зі сталі високої корозійної стійкості, поміщались у (S з рис. 2) платиново-іридієву вимірювальну комірку. Заздалегідь (як один з методів уникнення корозії — для насичення приповерхневого шару комірки згідно з технологією, описаною у [5]) в них був витриманий досліджуваний розтоп за температури, що перевищує максимальну передбачену в експерименті. Утворений прошарок прореагованої поверхні, правда, перешкодив би прецизійним вимі-

рам при температурі, за якої у нього самого існують фазові переходи, але, внаслідок того, що температури досліджуваних нами переходів є у іншому температурному інтервалі, — то ми мали лише користь від гарантованої незмінності хімічного складу досліджуваного розтопу у контакті з корозійно-захисною поверхнею конструкційного матеріалу.

Аналіз отриманої інформації виконують порівнянням параметрів (отриманих обробкою вихідної інформації розробленим Perkin-Elmer програмним забезпеченням) максимуму потоку тепла "Heat Flow endo up" (див. рис. 4).

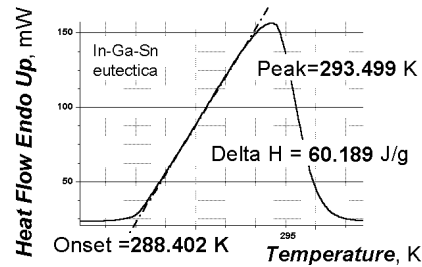


Рис. 4. Зареєстрований Pyris-1 максимум потоку тепла, яким необхідно було компенсувати поглинання досліджуваним зразком енергії, необхідної йому для перебудови своєї структури (тут – топлення)

In-In₂Bi евтектика системи In-Bi (діаграма стану — рис. 1), структурний та віскозиметричний аналіз котрої раніше досліджувалася нами у межах цього проекту, синтезована з матеріалів чистоти не менш ніж 99.999. Синтез зразка виконувався у очищеній камері (знепиленому контейнері з інертною атмосферою). Перед відбором наважки для мікрокалориметричних досліджень із зливка, приготованого для заправки РР у реперну комірку, розтоп було ретельно гомогенізовано за допомогою віброобробки з частотою 25 Гц на вібростенді тривалістю 2 хв. Дослідження здійснювалося багаторазовим термоциклюванням з однаковою швидкістю зміни температури (див.рис. 5).

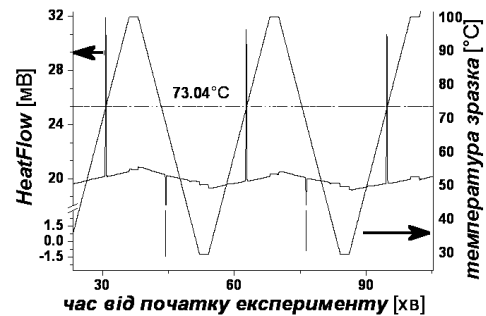


Рис. 5. Застосований режим роботи DSC при тестуванні зразка In-Bi евтектики

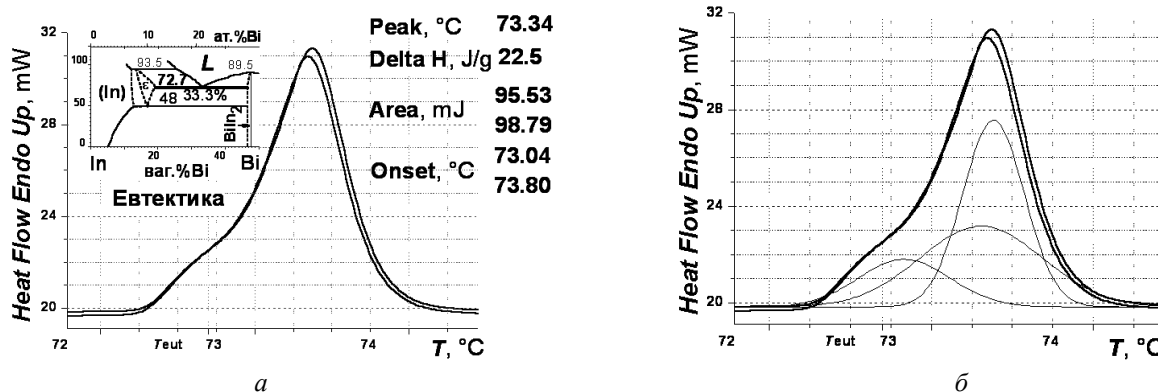


Рис. 6. Потiк тепла, зареєстрованого при розiгрiвi (2 проходи) досліджуваного зразка (In-Bi евтектики) у околi декларованого евтектичного фазового переходу топлення:

а – потiк тепла з параметрами пiкiв для обох проходiв,
б – потiк тепла з видiленими складовими пiкiв

Отриманi результати (рис 6, а) показали наявнiсть у околi досліджуваного фазового переходу (топлення) додаткових структурних змiн. Важливим є те, що остання з досліджених дiаграм стану (рис. 1, бiляевтектична частина котрої наведена на рис. 6, а), не вказує на наявнiсть такої ситуацiї явно. Наявнiсть складної структури генерованого зразком пiд час переходу теплового потоку вiдображена на рис. 6, б роздiленням експериментально одержаного пiку на складовi (методу “gaussian multi-peaks fittings”).

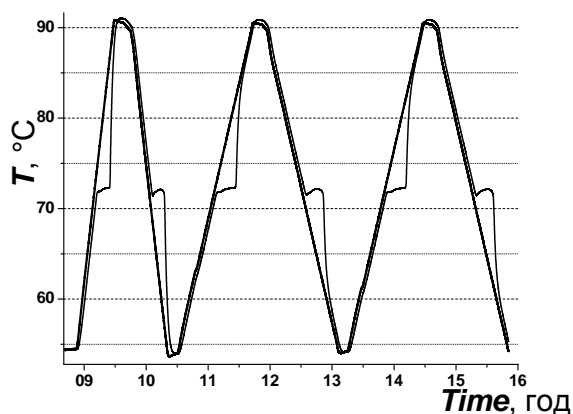


Рис. 7. Застосований режим роботи ультратермостата LAUDA при тестуванні зразка In-Bi евтектики

Апробацiя температурного репера на базi In_2Bi евтектики була здiйснена термоциклованням реперної комiрки в ультратермостатi “LAUDA C/K (RL 6 CS)”, робочий об’єм котрого становив 6 лiтрiв, контроль температури: $\pm 0,05^\circ C$. Осциляцiї температури середо-

вища (рис. 7) було запрограмовано в межах $65,5\div 78,5^\circ C$ з швидкiстю $4^\circ C/хв$. Отриманi результати подано на рис. 8.

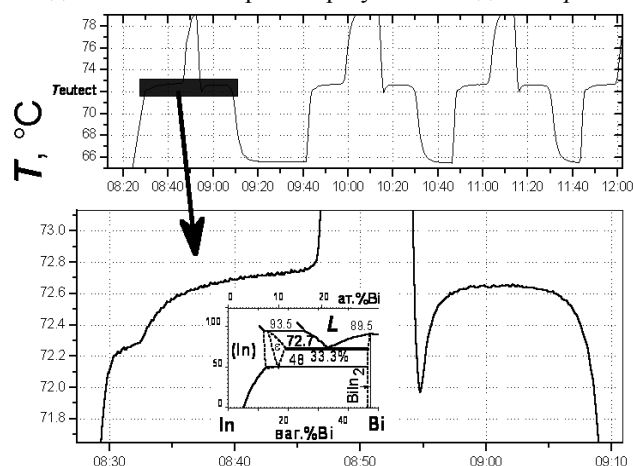


Рис. 8. Отриманий вигляд плато топлення та кристалiзацiї при тестуванні зразка In-Bi евтектики

Виконанi дослідження, враховуючи досить незначну вiддаль мiж зареєстрованими тепловими ефектами, дають пiдстави сформуванi важливий висновок. Iснує практична доцiльнiсть при використаннi температури генерацiї тепла при плавленнi зразка такого хiмiчного складу як реперної — доповнити стандартний комплект “реперна комiрка + метрологiчно перевiрюваний перетворювач” додатковим пристроєм, що би дав змогу виокремити учасi близько розташованi за температурою ефекти. Як нами було обгрунтовано у [6], таку функцiю може виконати доповнення температурного репера блоком реєстрацiї акустичної емiсiї.

Тобто пропонується для використання АЕ-блок, – виконуватиме на циклі кристалізації температурного репера функцію реєстратора відхилення від гомогенності евтектичного РР, а на циклі топлення (“робочому” циклі роботи евтектичного температурного репера) — функцію часового “старт-стопного” маркера часу реалізації використовуваного фазового переходу.

1. *Binary Alloy Phase Diagrams, Vol. 1, (Edited by V. T. Massalski), American Society for Metals, 1986.* 2. *McNaughton, Mortimer C.T. Differential Scanning Calorimetry. IRS; Physical Chemistry Series 2, vol.10. -1975. -London: Butterworths (Norwalk: reprinted by Perkin-Elmer Corp.).* 3. *Hemminger W., Höhne G.*

Calorimetry – Fundamentals and Practice. Verlag Chemie, Weinheim. -1984 4. *Hemminger W., Höhne G., Flammersheim H-J. Differential Scanning Calorimetry. Springer, Berlin. -1996.* 5. *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.* 6. *Прохоренко С., Стадник Б., Бояр З. Контроль гравитационной седиментации рабочего элемента температурного репера с использованием Методики АЕ //IX Międzynar. sem. Metrologów < Metody i Technika Przetwarzania Sygnałów w Pomiarach Fizycznych >. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Electrotechnika. z.22. -2002. - С. 161-164.*

УДК 536.1

НАДІЙНІСТЬ КАБЕЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ Й ТЕРМОДИНАМІКА НЕОБОРОТНИХ ПРОЦЕСІВ

© Олександр Гук, 2005

Науково-виробниче об'єднання “Термоприлад”,
вул. Наукова, 3, 79053, Львів, Україна

Здійснено експериментальні дослідження метрологічної й механічної надійностей кабельних перетворювачів температури, які обговорені з позицій термодинаміки необоротних процесів.

Осуществлены экспериментальные исследования метрологической и механической надежности кабельных преобразователей температуры, которые обсуждены с позиций термодинамики необратимых процессов.

The experimental investigations of metrological and mechanical refuse of cable temperature transducers were maden. Their results were discussed accordingly to thermodynamics of irreversible processes.

Вступ. Перетворювачі температури (далі по тексту – ПТ) кабельного типу домінують в Україні та за кордоном, зокрема, в ядерній енергетиці. Відомо [1], що відхилення показів ПТ спричинені змінами стану матеріалів чутливих елементів (ЧЕ). Як окремо виділені термодинамічні системи вони можуть бути описані з енергетичних позицій [2].

Місце досліджень та мета роботи. Підхід, що базується на реологічній основі, як показано в [3], має загальний характер і може враховуватися лише у першому наближенні. Метою праці є визначення моделі ПТ кабельного типу з матеріалом ЧЕ включно; встановлення основних діючих механізмів дестабілізації показів ПТ та пошук резервів подальшого покращання метрологічної та механічної надійностей ПТ.

Конструктивні особливості кабельних перетворювачів температури та їх надійність. Існують

певні дефекти конструкції ПТ, зумовлені як технологією виготовлення самого ПТ, так і технологією виготовлення основних конструктивних матеріалів, що призводять до його передчасної механічної відмови. Термін “передчасний” вимагає уточнення відповідно до типової методики розрахунку механічної надійності ПТ, узгодженої з сукупністю нормативних документів [4]. Розрахунок показників безвідмовності зводиться до попередньої оцінки їх на етапі проектування для вибору оптимального варіанта конструкції та визначення слабких місць ПТ.

Ймовірність безвідмовної роботи ПТ за час τ становить $P(\tau) = e^{-\lambda_{\Sigma} \tau}$. Інтенсивність відмов ПТ λ_{Σ} значною мірою визначається складовою, зв'язаною з інтенсивністю відмов елементів робочої частини ПТ в експлуатаційних умовах, що зумовлено дією температурного чинника – коефіцієнт K_1 – у сукупності з