

були зразками навчання. Для слабкозашумлених сигналів точність мережі становила 98%. Але зі зростанням шумів ефективність відповіді мережею зменшує. Так, наприклад, для сигналів з 50% шумом точність мережі зменшується до 85 %.

Проблема вимірювання фізичних величин – важливе технічне завдання й водночас важка теоретична задача. Теоретична складність виникає переважно внаслідок складної залежності між симптомами і відповідними їм пошкодженнями. Штучні нейронні

мережі є вдалим альтернативним підходом до вирішення цієї проблеми.

1. Чабан В. Математичне моделювання електро-механічних процесів. – Львів, 1997. 2. Tchaban V., Kwater T., Pekala R. The Diagnostic of laminated Cores by ANN and Field Model of Choke // Proceeding of MS'2002. International Conference on Modeling and Simulation in Technical and Social Sciences, Girona, Catalonia, Spain, 25–27 June 2002. – P. 549–555.

УДК 536.532

ТЕМПЕРАТУРНІ ВИМІРЮВАННЯ ПРИ ТЕРМІЧНО-ДЕРИВАЦІЙНОМУ ТА ЕЛЕКТРОДЕРИВАЦІЙНОМУ АНАЛІЗАХ ЛИВАРНИХ СТОПІВ

© Ігор Курітник, Максиміліан Дудик, 2003

Технічно-гуманітарна Академія, Бельсько-Бяла, Польща

Описано особливості вимірювань, зокрема температури, з використанням методів термічно-дериваційного та електродериваційного аналізів. Вони застосовуються для експрес-оцінки якості ливарних стопів, призначених для використання в машинобудуванні. Поєднання описаних методів дає змогу з високою точністю фіксувати складні явища термічного та електричного походження, що відзначаються під час кристалізації стопів.

Описаны особенности измерений, в том числе температуры, с использованием методов термодеривационного и электродеривационного анализов. Для экспресс-оценки качества литья сплавов, используемых в машиностроении, авторы объединяют возможности обоих методов, что позволяет исследовать сложные явления, возникающие во время кристаллизации сплавов.

The article describes the measurement essence of the Thermal-Derivation and the Electro-Derivation Analyses, used for quick estimate of utility of teeming alloys predestined for teemed machine parts. Mentioned quick research method allows to register in a precise way the complicated thermal and electrical phenomenon, which occurred during crystallization and coagulation of the alloy.

Вступ. Сучасні вимоги до ливарних елементів конструкцій полягають у поєднанні гами різноманітних характеристик стопів: механічних, електричних, ужиткових тощо. Це залежить, переважно, від коректно реалізованих металургійних процесів на етапі підготовки стопу до виливання. Саме тому розроблено багато різних методів експрес-контролю (АТ, ДТА і АТД) й оцінки ефективності попередньо застосованих методів рафінування та модифікування розплавів металів і стопів [1–4].

Недоліки відомих методів досліджень. Усі згадані методи використовують для реєстрації кристалізації одноточкове вимірювання температури розплавів під час застигання, що можна вважати певним спрощенням, яке часто призводить до спотворення отриманих результатів.

Метою статті є удосконалення методології відомих методів дослідження стопів під час виливання, застигання та кристалізації.

У статті подано розроблені нами методику й результати, отримані на удосконаленому робочому місці метролога з чотириточковим вимірюванням температури під час дослідження стопів системи Al-Si. Покращана методика АТД-АЕД дає змогу з достатньо високою точністю реєструвати складні термічні та електричні явища, що відбуваються під час кристалізації та вистигання зразка стопу. Тоді змінюється морфологія та структура матеріалу; виникають різні фази, їх поєднання, передвиділення тощо. Поступовість охолодження може призвести до певних ефектів, зв'язаних з електропровідністю та термо-ЕРС як у

рідкій, так і у застиглій фазі матеріалу, причому застигання відбувається не тільки в осьовому, але й у радіальному напрямках.

Методика й результати досліджень. У згаданих термічних методах вимірювання ґрунтується на реєстрації теплових явищ, які відбуваються під час кристалізації стопів. Тому одноточкове визначення температури не дає можливості детально вивчити придатність стопу як ливарного матеріалу. Набагато детальніше порівняно з термічними методами можна дослідити процеси кристалізації, використовуючи для цього електричні явища, що й реалізовано у методі АТД-АЕД.

Останній передбачає графічний запис кристалізації стопу у вигляді сукупності термічних кривих $t = f(\tau)$ і $dt/d\tau = f(\tau)$ одночасно з таким самим записом у реальному масштабі часу кривих електропровідності $\sigma = f(\tau)$ і $d\sigma/d\tau = f(\tau)$. Причому аналіз здійснюється за наявності перегинів та екстремумів отриманих термічних кривих $t = f(\tau)$ і $dt/d\tau = f(\tau)$ за умови одноточкового вимірювання температури. Одночасно аналізуються аналогічні піки та екстремуми електричних кривих $\sigma = f(\tau)$ і $d\sigma/d\tau = f(\tau)$, які взагалі-то зсунуті у часі щодо відповідних термічних кривих.

Для реалізації відтворюваних та порівнюваних умов вимірювання кристалізації для обидвох аналізованих випадків було:

- підготовано ливарну форму з чотириточковим вимірюванням температури стопу;
- підібрано та виконано електричну схему усереднення напруги, вимірюваної чотирма термопарами у згаданих чотирьох точках;
- вивчено кристалізацію стопу AlSi9Mg (AK9) і AlSi11Mg (AK11) за допомогою переобладнаного устаткування згідно з викладеним методом АТД-АЕД.

На рис. 1 подано схему немодернізованого робочого місця здійснення вимірювань за допомогою методу АТД-АЕД із одноточковим вимірюванням температури за МЕТОДОМ1 [4].

Під час модернізації для створення в обидвох одночасно відливаних зразках відтворюваних та порівнюваних умов експерименту методом АТД-АЕД спроектовано електричну схему усереднення напруги, одночасно вимірюваної чотирма термопарами. Температура, що реєструється методом АТД, вимірюється термопарою, розміщеною у такій самій точці виливки, як і усереднено розташовані зонди за АЕД-МЕТОДОМ2. Конструктивне вирішення згаданої електричної схеми подано на рис. 2.

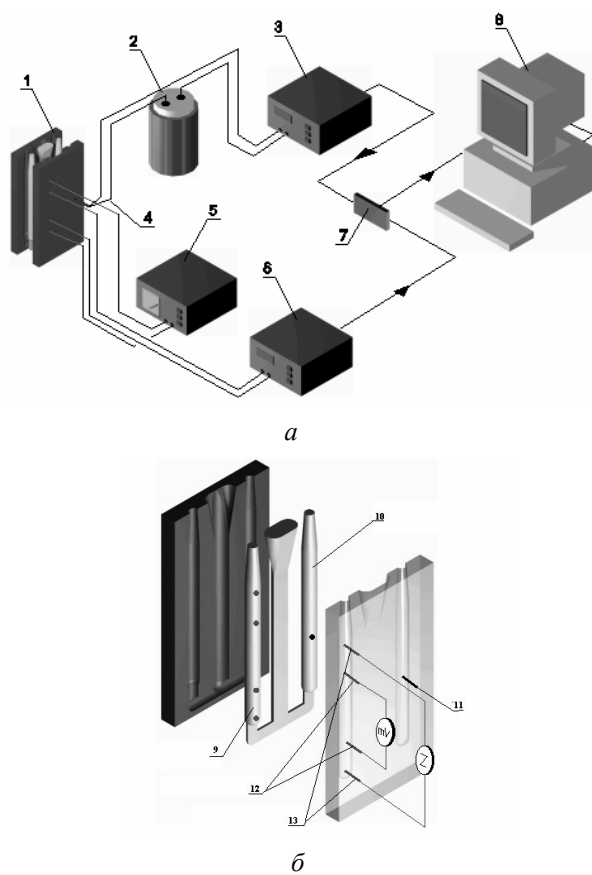


Рис. 1. Схема вимірювання методом АТД-АЕД (МЕТОД1 – до модернізації): а – вимірвальне коло; б – зразок (кокіль) з вилівками: 1 – зразок; 2 – термостат; 3 та 6 – цифрові вольтметри; 4 і 11 – термопари; 5 – блок живлення; 7 – модуль вимірювання; 8 – персональний комп’ютер; 9 – зразок для вимірювання методом АТД; 10 – зразок для вимірювання методом АТД; 12 – вимірвальні термопари; 13 – дроти живлення

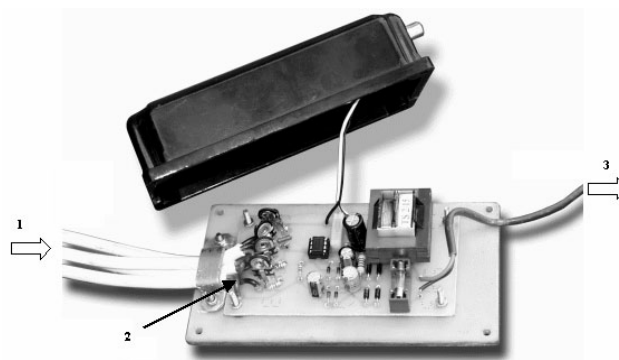


Рис. 2. Конструктивне вирішення електричної схеми усереднення напруги, вимірюваної чотирма термопарами: 1 – електричний вхід (подання напруг чотирьох термопар); 2 – засоби калібрування отриманого сигналу; 3 – подання вихідного сигналу до цифрового вольтметра

На рис.3 подано схематичне зображення зразка (кокілю) для вимірювання кінетики кристалізації ливарних стопів методом АТД-АЕД, модернізованим методом. Місце і спосіб вимірювання температури та електропровідності під час застигання та кристалізації на зразках виливок показано на рис. 4.

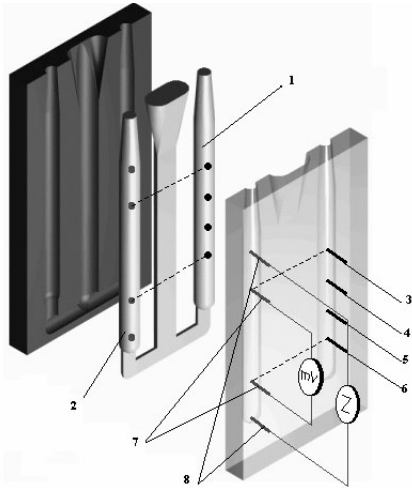


Рис. 3. Схематичне зображення зразка (кокілю) за модернізованим МЕТОДом2: 1 і 2 – зразки; 3–6 – термопари; 7 – вимірювальні зонди; 8 – дроти живлення

Обидва методи – МЕТОД1 та МЕТОД2 – були практично використані для реєстрації процесів кристалізації силумінів АК9 та АК11. Отримані результати подано у графічній формі термічних кривих $t = f(\tau)$ і $dt/d\tau = f(\tau)$ та кривих електропровідності $\sigma = f(\tau)$ і $d\sigma/d\tau = f(\tau)$ на рис. 5, 6, на яких також позначено перенесення у часі (X1 і X2) відповідних піків термічних та електричних процесів, які відбувалися у досліджуваних стопах. Записи кристалізації стопу АК9 подано на рис. 5, стопу АК11 – на рис. 6.

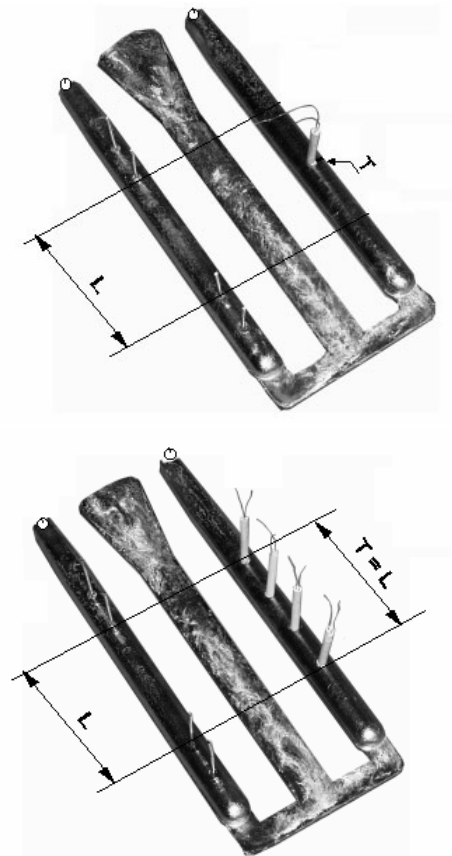
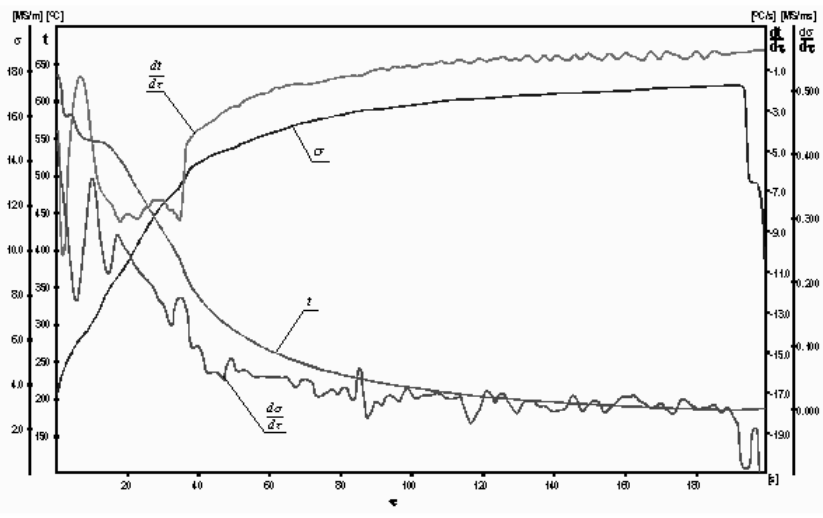
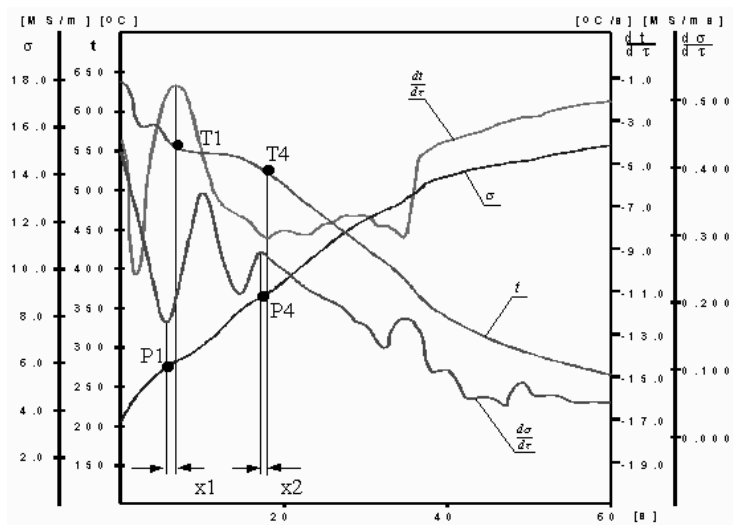


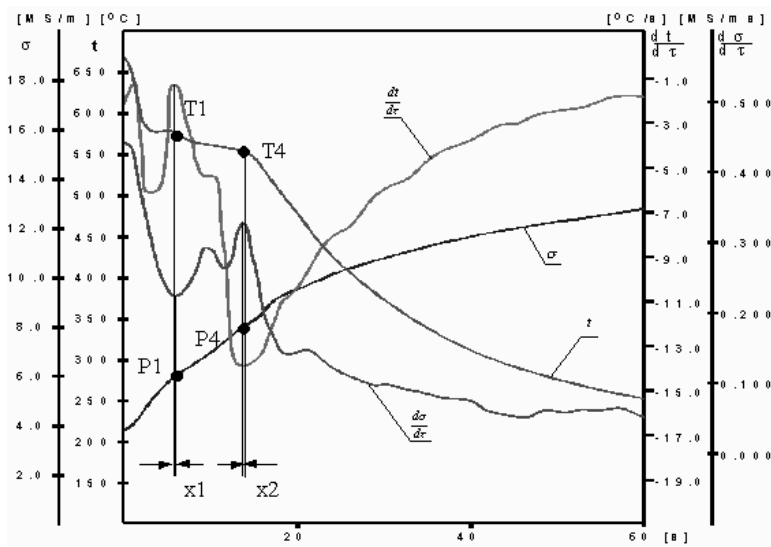
Рис. 4. Місце та спосіб вимірювань температури та електропровідності під час застигання та кристалізації на зразках виливок: а – зразок з односточковим вимірюванням температури за МЕТОДом1; б – зразок з чотириточковим вимірюванням температури за МЕТОДом2; T; L – зона, у якій виконувалось вимірювання температури та електропровідності



a

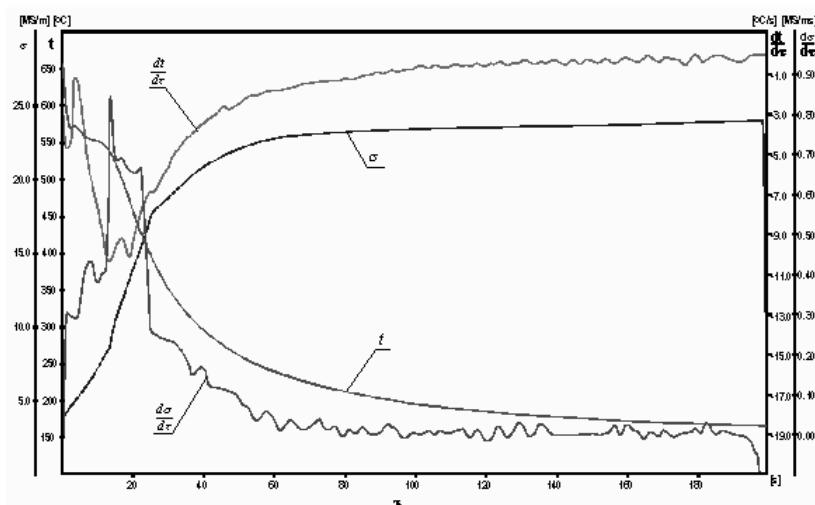


б

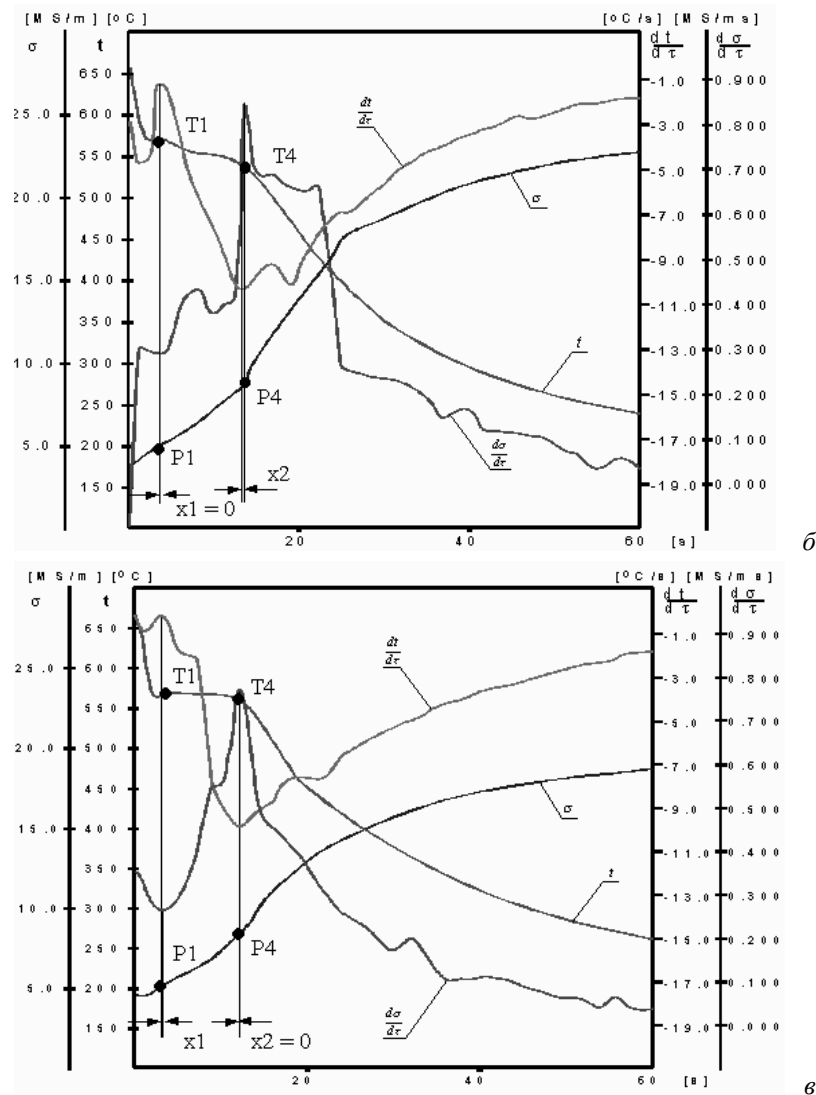


б

Рис. 5. Криві кристалізації ступу АК9: а – повний графічний запис АТД–АЕД за МЕТОДом1; б – запис графічний із відзначеними зміщеннями піків ($X1$; $X2$) відповідних точок ТіР за МЕТОДом1; в – графічний запис із відзначеними зміщеннями за МЕТОДом2



а



б

б

Рис. 6. Криві кристалізації ступу АК11: а – повний графічний запис АТД–АЕД за МЕТОДОМ1; б – запис графічний із відзначеними зміщеннями піків (X1; X2) відповідних точок TiP за МЕТОДОМ1; в – графічний запис із відзначеними зміщеннями за МЕТОДОМ2

Місце та спосіб вимірювань температури та електропровідності під час застигання та кристалізації наочно видно на фотографіях зразків виливок, поданих на рис. 4.

Висновки.

1. На підставі виконаних досліджень можна пересвідчитись, що існує можливість подання у графічній формі особливостей кристалізації силумінів у вигляді сукупності чотирьох кривих, дві з яких стосуються термічних кривих аналізу, а інші дві – електричних кривих.

2. На основі зафіксованих піків та інших видів екстремумів кривих показано можливість детального вивчення особливостей кристалізації фаз, що формують структуру кристалізованого ступу. Причому висока точність пропонованого методу дає змогу фіксувати не лише фази, які кристалізуються з

розплаву, але й фази, що виділяються з твердої фази у силумінах, виливаних у кокіль.

3. Аналіз графічних записів, отриманих за одноточковим методом, дає змогу стверджувати, що окрім порівнюваних у обидвох методах умов кристалізації, існують характеристичні відмінності у часі, виявлені методом АЕД (рис. 5, б і 6).

1. Schultze D. *Termiczna analiza różnicowa*. – PWN. – Warszawa, 1974. 2. Курітнік І.П. *Контроль технологічних параметрів у ливарному виробництві // Вимірювальна техніка і метрологія*. – 2002. – № 59. – С. 143–145. 3. Dudyk V., Pawlus D.: *Thermal-Derivative Analysis of AK11(AISi11) Alloy. Krzepnięcie Metali i Stopów*. – Katowice. – PAN. – 1992. – Z.17. 4. Dudyk M.: *Przewodność elektryczna właściwa w procesach krystalizacji siluminów // Budowa i Eksploatacja Maszyn. – Zeszyty Naukowe. – Politechnika Łódzka w Bielsku-Białej*. – 2001. – № 59.