

## Особливості використання термічного аналізу при дослідженні заевтектичних силумінів

В. П. Гаврилюк, чл.-кор. НАН України

В. Н. Бондаревський, кандидат технічних наук

К. В. Гаврилюк

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

*Розглянуто особливості застосування термічного аналізу при дослідженні кристалізації заевтектичних силумінів, комплекс методичних і технологічних факторів при трактуванні результатів аналізу. Наведено приклади термограм заевтектичних силумінів з різним ступенем виразності теплових ефектів.*

Термографічний аналіз заевтектичних силумінів – це складний процес, що є тепловим відображенням неоднозначного структуроутворення в силумінах при кристалізації і охолодженні в нерівноважних умовах.

Мікроструктура заевтектичних Al – Si сплавів складається з кристалів первинного кремнію, основної евтектичної складової (Al – Si), можливого ряду евтектик в незначній кількості (пов'язано з легуванням сплаву) і при формуванні в реальних умовах (нерівноважних) може містити  $\alpha$ -фазу як вільну структурну складову.

Термічний аналіз є одним з основних методів контролю технологічних операцій одержання сплавів, а також чутливою методикою в дослідженні синтезу нових сплавів. Теоретичні та практичні аспекти термічного аналізу викладені в роботі [1].

Термічний аналіз заевтектичних силумінів має свої особливості. Ці особливості стосуються апаратурного забезпечення методики термічного аналізу, застосовуваної технологічної обробки розплаву, правильного трактування отриманих результатів.

Сучасний термічний аналіз базується на аналого-цифровому перетворенні сигналів, що надходять від термодатчиків. Чутливість і точність термічного аналізу залежить від частоти опитування термодатчиків (кількості показань в одиницю часу) і кількості усереднень по кожній точці вимірювання. Висока частота опитування дозволяє з великим ступенем вірогідності визначати початок процесів, що йдуть з неявно вираженими тепловими ефектами.

При ідентифікації фазових перетворень, поряд з розглядом кривих охолодження (значень температури залежно від часу), необхідно розглядати паралельно першу і другу похідну температури за часом, які визначають початок теплових ефектів. При цьому необхідно чітко уявляти можливу схему утворення

зародків ідентифікованої фази, а саме – зародження відбувається із значним переохолодженням або без такого. Зародження фаз з переохолодженням фіксується більш виражено.

У заевтектичних силумінах при обробці їх фосфоровмісними лігатурами виникає зародкотворне з'єднання фосфіду алюмінію  $AlP$ , що має структурну відповідність з кристалами кремнію. Тому кристалізація кристалів первинного кремнію при такому варіанті технологічної обробки розплаву починається без переохолодження та визначається дуже важко, зазвичай за результатами перших і других похідних даних, що знімаються (значень температури залежно від часу). Так само слід чинити і щодо визначення температурного діапазону початку кристалізації первинної  $\alpha$ -Al фази в заевтектичних силумінах.

Ще один важливий фактор, що може привести до невірної трактування результатів – це необхідність врахування температурних інтервалів існування двофазних областей. Температурний інтервал двофазної області для системи Al – Si з вмістом кремнію 30 %, 40 %, 50 % у майстер-сплавах становить 246 °C, 359 °C та 463 °C відповідно, а температурний інтервал трифазної області для 40 % та 50 % майстер-сплавів відповідно становить 45 °C та 46 °C.

Очевидна велика ймовірність того, що після введення майстер-сплаву (лігатур на основі AlSi) частина кристалів первинного кремнію не розчиниться в матричному розплаві і буде виключена з термодинамічної системи зародкоутворення і росту первинної фази, а значить кристалізація сплаву

підє за концентраційною схемою з більш низьким вмістом кремнію.

На рис. 1 представлені дані термічного аналізу заевтектичного силуміну AlSi20Cu1, виплавленого з шихти наступного складу по масі: 56 % Al первинний, 25 % (стандартна лігатура Al50Si), 19 % майстер-сплав AlSi40Cu3. За значеннями температури, що проставлені над кривою охолодження, можна припустити порядок виділення первинних фаз при кристалізації заевтектичних силуміну AlSi20Cu1:

- 702 °C – початок виділення кристалів первинного кремнію;
- 632 °C – початок кристалізації первинної  $\alpha$ -Al фази;
- 565 °C – евтектична кристалізація.

Кожна температурна точка, що ідентифікована з певною фазою або евтектикою, знаходиться в температурному діапазоні їх існування

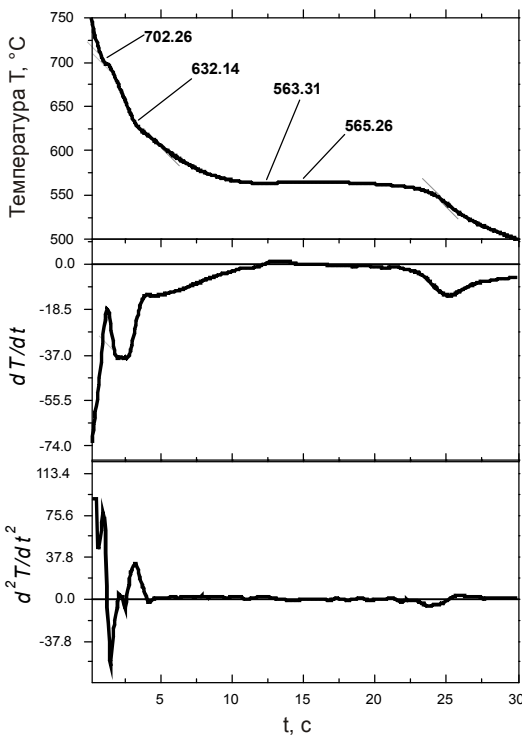


Рис. 1. Крива кристалізації заевтектичного силуміну AlSi20Cu1 (а), перша (б) та друга (в) похідні температури за часом.

згідно рівноважним діаграмам стану. Показані на рис. 1 залежності наведені як приклад явно виражених теплових ефектів, пов'язаних з виділенням фаз.

На рис. 2 наведена крива охолодження заевтектичного силуміну AlSi19Cu1, виплавленого з шихти наступного складу: 50 % Al первинний, 50% майстер-сплав AlSi40Cu3. Незважаючи на досить суттєві відмінності в залежностях від залежностей, представлених рис. 1, слід звернути увагу на близькість значень точок ідентифікації початку кристалізації фаз і евтектик.

**Висновки** Виходячи з аналізу застосування термічного аналізу в практиці отримання заевтектичних силумінів та на результатах виконаних досліджень слід визначити, що при сучасному стані апаратурно-програмного забезпечення термічний аналіз є дієвим інструментом дослідження кінетики кристалізації сплавів, який дозволяє з великою точністю ідентифікувати критичні точки виділення фаз, як метод поточного контролю він може бути застосований із зазначеними вище застереженнями.

## Література

1. Шестак Я. Теория термического анализа. Физико-химические свойства твердых неорганических веществ. – М.: Мир, 1987. – 487 с.

Одержано 20.09.12

В. П. Гаврилюк, В. Н. Бондаревский, К. В. Гаврилюк

### Особенности использования термического анализа при исследовании заэвтектических силуминов

#### Резюме

Рассмотрены особенности применения термического анализа при исследовании кристаллизации заэвтектических силуминов, комплекс методических и технологических факторов при трактовке результатов анализа. Даны примеры термограмм заэвтектических силуминов с разной степенью выраженности тепловых эффектов.

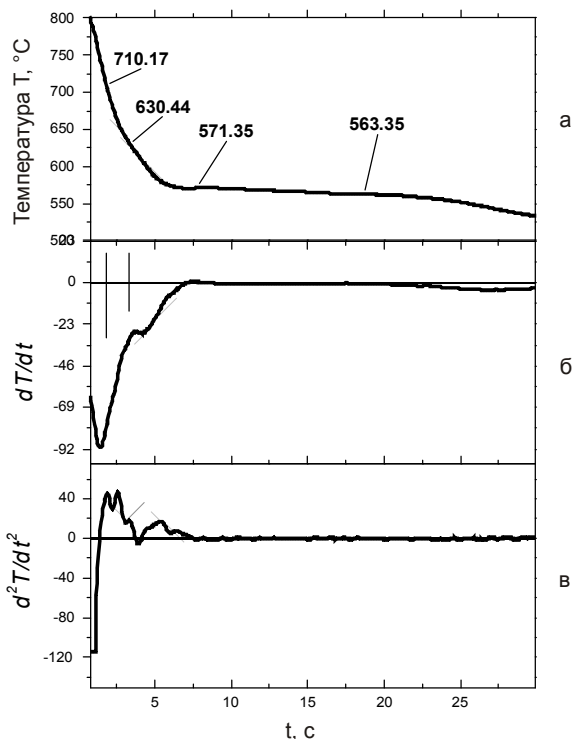


Рис. 2. Крива кристалізації заевтектичного силуміну AlSi19Cu1 (а), перша (б) та друга (в) похідні температури за часом.

V. P. Gavriiliuk, V. N. Bondarevsky, K. V. Gavriiliuk

Features of thermal analysis usage in the study of hypereutectic silumin

Summary

The paper considers some of the features of thermal analysis in the study of the crystallization of hypereutectic silumin. Attention is drawn to the complex of the methodological and technological factors in the correct interpretation of results. The examples of thermograms of hypereutectic silumin with varying level of thermal effects.



## **КОНКУРС !**

**Шановні колеги !**

*Редакція журналу*

*“Металознавство та обробка металів”*

*повідомляє про проведення*

***Всеукраїнського конкурсу на кращу науково-технічну статтю з металознавчої тематики***

*для опублікування в журналі*

*протягом 2013 – 2014 років.*

**Запрошуємо вас взяти участь у даному проекті.**

Статті повинні бути оформлені згідно вимог до публікацій в журналі.

Свої пропозиції та матеріали для участі в конкурсі просимо надсилати до редакції за адресою: бульвар Вернадського, 34/1, м. Київ-142, 03680, МСП, тел. для довідок: (044) 424-05-71, моб. тел. (050) 2129532, Олена Миколаївна Стоянова.

