

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛОВИХ ТА АКУСТИЧНИХ ЕФЕКТІВ ПРИ ЗМІНАХ СТРУКТУРИ

ПРОХОПЕНКО Сергій

Державний університет «Львівська політехніка».
Інформаційно- вимірвальна техніка.

Абстракт

В DTA-методике измеряется и анализируется лишь интегральный тепловой эффект от целой массы исследуемого образца. Поэтому в данной работе параллельно с DTA используется также метод акустической эмиссии. АЕ дает возможность анализировать кинетику и динамику превращений в микрообъемах. Проведен детальный анализ источников физических и инструментальных погрешностей измерения а также путей их возможной минимизации. Максимальное уменьшение помех и погрешностей измерения создает возможность установления корреляционных согласований экспериментальных результатов методик DTA и АЕ.

Перед нами було поставлено завдання на проведення натурних діагностичних досліджень обладнання, що окрім значних механічних, зазнає також і значних теплових впливів. При достатньо високому їх рівні, коли виникають місцеві зміни структури досліджуваного об'єкту, ми зіткнулися з необхідністю встановлення кореляцій між тепловим впливом на об'єкт та реєстрованим нами випромінюванням акустичної емісії.

Використовувані методики

З огляду на сказане, у даній роботі нами використовується як базовий метод – метод *Акустичної Емісії* (АЕ) – реєстрації сплесків енергетичного потоку від досліджуваного об'єкту у результаті зміни рівня ентропії його складових частин, котра проводиться шляхом аналізу температурно-часової розгортки ультразвукового випромінювання з досліджуваного об'єкту. Імпульси у спектрі АЕ відповідаєть “подіям”, що відбуваються у мікрооб'ємі. Саме тому амплітудно-

частотний аналіз дає інформацію про кінетику та динаміку перетворень у мікроструктурі.

Для аналізу рівня теплових впливів нами було застосовано *диференціальний термічний аналіз*. ДТА щонайширше застосовується при експериментальному вивченні теплових ефектів у області фазових переходів, однак не слід забувати, що у методі ДТА вимірюється та аналізується лише сумарний тепловий ефект у загальній масі зразка. Відсутня можливість аналізувати кінетику процесів у окремих структурних складових. Інший недолік ДТА визначається тепловою інерцією термопар та пов'язаною з нею динамічною похибкою термоперетворювачів.

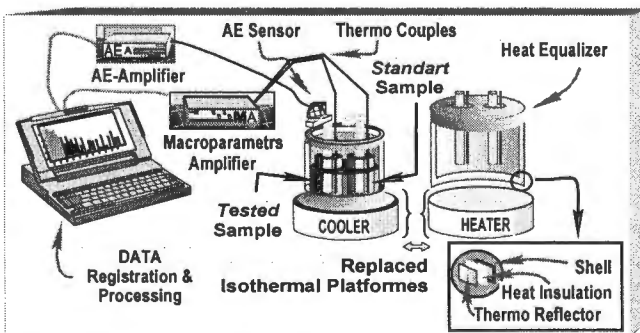
Для встановлення попередніх кореляційних узгоджень та відпрацювання методики ми провели комплексний аналіз АЕ-ДТА для граничного випадку – плавлення модельного сплаву, як випадку катастрофічного руйнування структури. Напрацьовані результати планується використати для створення кореляційного узгодження поміж катастрофічними температурними впливами на об'єкт та його акустичною реакцією.

Необхідність проведення модельного аналізу зумовлена його значно більшою чутливістю до можливих похибок.

При експериментальному вивченні акустичних та теплових ефектів у дослідженнях процесів плавлення-кристалізації долаються наступні, окремі для кожного методу, джерела похибок.

Завади

Сторонні акустичні завади нівелюються шляхом застосуванням біфілярної нагрівної системи (ліквідація паразитних вихрових магнітних полів) та стабілізованої (щодо зовнішніх шумів) вимірної платформи, на котрій було розташовано вимірний комплекс. Відтворюваність акустичних показів забезпе-



Загальна схема використовуваного дослідницького комплексу на базі АЕ-блоку «АКЕМ – 6+» та ДТА-блоку «DT – aM.2»

The basic circuit of a used research complex assembled on a basis AE- and DTA- component.

чується виводом місця акустичного контакту хвилевід – давач (п'єзоперетворювач) поза межі теплового впливу (шкідливого як для давача, так і для акустично-прозорої контактної змазки) та фіксацією п'єзокерамічного чуйника зі стабільною притискною силою.

Основним кореляційним параметром аналізу, у нашому випадку є час – отже більше зацікавлення є у підвищенні точності визначення початкового моменту початку відносних змін.

При вимірюванні температури за допомогою визначення термо-е.р.с. використовується як безпосередній метод та компенсаційний. Останній забезпечує більш високу точність вимірювання при нижчій швидкодії вимірної системи.

З огляду на це – нами використовується безпосередній метод вимірювання температури (термічного аналізу) у комплексі з (ДТА). Як відомо, суть методу полягає у безпосередній оцінці вимірним приладом різниці між вимірюваною та відомою величиною (або різниці між створюваними ними ефектами). Основною метою при використанні диференційних методів порівняння є підвищення точності вимірів. (Так, якщо різниця складає 0.1 відсоток вимірюваної величини і визначається приладом з точністю до 1%, то точність вимірювання складатиме 0.001%.)

ДТА- джерела похибок та кроки по їх усуненню.

• Зміна хімічного складу досліджуваної речовини внаслідок її взаємодії з конструкційними матеріалами. З метою мінімізації взаємодії було вибрано корозійностійкі матеріали, котрі входили у контакт з еталонним та досліджуваним зразками: (Zv) нікелевий Ø5мм звуковід; (Tp) термопари Ø0.3мм, хромель-алюмелеві, армовані відпаленою композитною обматкою (O) з суміші розчинного скла та корундового порошку; (T) тигель Ø12×22мм з жаростійкої сталі.



• Невідповідна маса зразка.

При надмірній масі – сумарна картина теплової реакції буде надмірно згладженою та ускладненою тепловими ефектами з віддалених областей вимірної комірки (помітний час проходження теплової хвилі по об'єму зумовить накладення теплових ефектів).

При масі зразка, порівняльній з масою королька (точки термопарного з'єднання) – помітною стає динамічна похибка термоперетворювача – (температурна різниця для компенсації теплоємності самого королька).

Оптимальне співвідношення (у нас – дещо більше як сорокакратне перевищення маси у зразку) забезпечить збереження лише методичної похибки вимірювання, ліквідація котрої найоптимальніша напівемпіричним методом (тут – на підставі градування по чистому металу).

• Відсутність стабілізованого теплообміну та його неоднорідність по поверхні тигля.

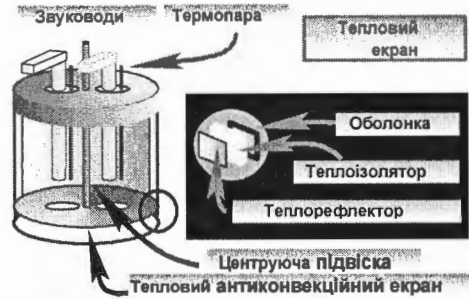
Усувається розміщенням тиглів з еталонном та досліджуваним елементом у

термостабілізуючому блоці з матеріалу високої теплоємності та теплопровідності.

У нас – забезпечується масивним латунним циліндричним блоком, що гарантує рівномірний теплообмін з тиглем та нагрівною і тепловідвідною системами; пакетом антиконвекційних теплових екранів над поверхнею розплаву; зовнішнім тепловим екраном.

- Наявність паразитних тепловідводів через термопари та звуковід.

Компенсується встановленням на центруючій підвісці внутрішнього теплового екрану безпосередньо над тепловірвнюючим блоком (з незначним інтервалом для недопущення акустичного контакту); проходженням звуководів (через які проходить найбільш значний тепловий потік) до виводу за межі зони теплового впливу всередині протяжного зовнішнього теплового екрану; зануренням їх до дна тигля.



- З метою зменшення маси та перерізу введених термопар (для додаткового обмеження паразитного тепловідводу) нами було використано мікротермопари малого діаметру.

- У використовуваному варіанті – було обрано апаратне блокування дрейфу їх показів – за допомогою реєстрації дрейфу вмонтованого поруч із вільними кінцями термопар у корпус посилювача макропараметрів стабілізованого платиного опору (у припущенні про еквівалентність температурного режиму посилювача та основної маси об'єкта, що не зазнала теплового впливу).

- Неоднаковий нагрів спаїв, диференціальної термопари зумовлений відмінністю природи зразка та еталону.

Ліквідується конгруентним встановленням тиглів у тепловий блок; еквівалентністю звуководів, центрованих до осі тигля за допомогою внутрішнього теплового екрану; наявністю “холостого” звуководу з стандартного (еталонного) зразка; еквівалентністю використовуваних тиглів; розміщенням термопар на половинній глибині тигля та половинній віддалі між його внутрішньою стінкою та звуководом.

- Вибір еталону.

Головне – необхідна відсутність у досліджуваному температурному діапазоні довільних нелінійних змін у зразку-еталоні.

Для наближення температурного режиму обох зразків необхідне максимальне наближення їх мас та питомої теплоємності.

З огляду на це нами як еталонний зразок при дослідженнях сплавів використовувався відповідний об'єм (високоочищеного) одного з компонентів.

- Невідповідаюча досліджуваним об'єктам швидкість нагрівання.

Оптимум – $5 \pm 20^\circ\text{C}/\text{хв}$. Для швидкоплинних (мала маса зразка – мала теплота фазового переходу, велика швидкість теплових потоків) – $40 \pm 100^\circ\text{C}/\text{хв}$.

• Утворення паразитної провідної ланки між термопарами зразкового та досліджуваного об'єктів.

У нашому випадку компенсується ізолюванням провідного тигля з провідною рідиною від провідного ж блоку прокладкою, навинутою з тонкої асбестової нитки, та діелектричністю використовуваної композитної обмазки.

• Виникнення хімічних ефектів при взаємодії з атмосферою.

Усі використовувані в установці конструкційні матеріали у досліджуваному інтервалі температур не взаємодіють з атмосферою. При виникненні загрози утворення окисної плівки на зразках – зовнішній тепловий екран заповнюється очищеним інертним газом (у нас – аргоном), або, при проведенні досліджень при температурах менших 600°C – висушеним CO_2 .

Регістрація та подальший аналіз інформації

Проводиться за допомогою використання “діагностичного комплексу для реєстрації немонотонності досліджуваних процесів у часі” – програмно – технічного комплексу «АКЕМ» (v.6.02).

Технічні параметри реєструючої системи:

акустичний канал: частотний діапазон $100 \pm 2'000$ кГц; динамічний – 60dB;

швидкість реєстрації – до 10нс; чутливість – 10мкВ.

канал макропараметрів (два автономних входи):

швидкість реєстрації – до 50мкс; чутливість – до 1мкВ.

Передобробка з виводом характеристичних компонентів випроміненого акустично-часового спектру проводиться внутрішніми засобами Комплексу.

Загальний аналіз інформаційного масиву від групи досліджень – після експорту зборів даних у спеціалізовані математичні експертні системи, або системи багатопараметричного графопобудування.

Recenzent: prof. W.Orłowicz