

УДК 620.179:534.6

В.П. Бабак, С.Ф. Филоненко, С.В. Прохоренко

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЛЕГКОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Рассмотрена компьютерная система и методика для дифференциального термического анализа легкоплавких металлов и сплавов с регистрацией и обработкой сигналов акустической эмиссии.

Для улучшения эксплуатационных характеристик изделий, в условиях интенсификации технологических процессов, значительное внимание уделяется исследованию свойств применяемых материалов в процессе катастрофических изменений их структуры.

Одним из направлений данных исследований являются исследования процессов плавления и кристаллизации металлов и сплавов. Известно, что любое изменение состояния металлов и сплавов вызывает изменение энтальпии и, следовательно, должно сопровождаться выделением или поглощением тепла [1]. Это позволяет выявить вид превращения и определить условия, способствующие превращению или тормозящие его. Превращение приводит к изменению теплосодержания (энтальпии), температуры, теплоемкости и к тепловому расширению материала.

Регистрация теплового и дилатационного эффектов, сопровождающих фазовые переходы первого рода, осуществляется при помощи термического, калориметрического и дилатометрического анализа. Дополнительные данные позволяют получать исследования электропроводности, магнитной восприимчивости, эффекта Холла и других электрофизических свойств материала. Хотя данная группа методов непосредственно не дает информации о тепловых эффектах, однако позволяет судить об изменениях электронного спектра и трансформации межатомной связи. В практике наибольшее применение получил термический анализ (ТА), экспериментальная техника проведения которого является менее сложной. При ТА обычно фиксируется температура в функции времени нагрева или охлаждения материала. Для повышения чувствительности метода ТА используется фиксация не абсолютного значения температуры, а относительного ее изменения – дифференциальный термический анализ (ДТА). При ДТА зависимость отклонений температурных характеристик исследуемого образца относительно подобного эталонного при неизменном количестве подводимой (отбираемой) энергии строится во времени.

Следует отметить, что из-за большей чувствительности ДТА на результаты измерений влияют различные внешние факторы: масса и форма образцов; характеристики используемых термодпар; место их размещения и другие. Для снижения влияния подобных факторов разрабатываются экспериментальные установки с применением разнообразных конструктивных решений [2]. В то же время методы регистрации тепловых эффектов являются интегральными. Они дают суммарную информацию о поведении целого объекта или отдельных его структурных частей и практически минимальную информацию о кинетике и динамике протекания процессов. С этих позиций принципиально новые результаты позволяет получать метод акустической эмиссии (АЭ).

АЭ – это излучение материалом упругих волн, вызванных локальной динамической перестройкой его структуры [3]. Основные исследования по изучению явления АЭ относятся к разрушению материалов [4]. Работ, относящихся к исследованию процессов плавления и кристаллизации металлов и сплавов, мало [5]. Несмотря на недостатки используемых средств регистрации сигналов АЭ, методики обработки их параметров, получаемая информация обширна, отражает как кинетику, так и динамику протекающих элементарных процессов и требует всестороннего ее анализа.

Для исследования процессов плавления и кристаллизации легкоплавких металлов и сплавов разработана установка и методика ДТА с регистрацией АЭ, блок-схема которой приведена на рис.1. Установка состоит из измерительной части и нагревательного (охлаждающего) блока.

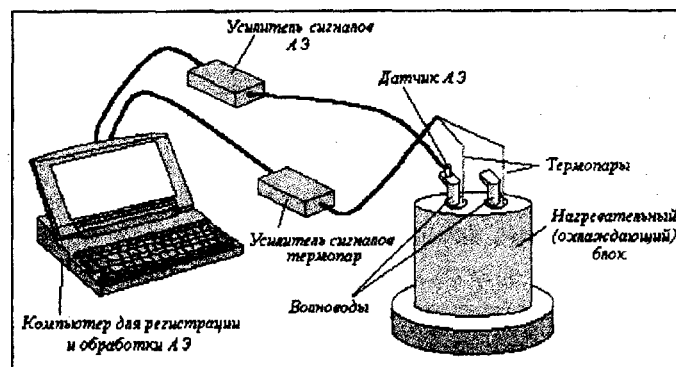


Рис.1. Блок-схема установки для исследования процесса плавления и кристаллизации легкоплавких металлов и сплавов с регистрацией акустической эмиссии

Измерительная часть включает два канала измерения: регистрации сигналов АЭ и измерения температуры. Первый состоит из датчика АЭ и усилителя сигналов АЭ, второй – из термопар и усилителя сигналов термопар. Информация с обоих каналов поступает для измерения и обработки в персональный компьютер через расположенный на его шине скоростной порт ввода-вывода серии PCL (PCI). Управление процессом измерения осуществляется с использованием разработанного программного обеспечения, осуществляющего ввод информации по измерительным каналам, обработку, формирование массивов данных, вывод и представление результатов в виде графиков или наборов данных (в форматах для обработки специализированными математическими приложениями).

Технические характеристики тракта сигналов АЭ приведены в таблице.

Технические характеристики тракта усиления сигналов акустической системы

Технические характеристики	Значение
Входное сопротивление	1 МОм
Чувствительность по входу (не менее)	10 мкВ
Частотный диапазон	100 ÷ 2000 кГц
Коэффициент усиления	65 ÷ 90 дБ
Динамический диапазон	40 ÷ 65 дБ
Питание	220 ± 20 В, 50 ± 1 Гц
Интервал дискретизации АЭ-сигналов	10 мкс

Усилитель сигналов от термопар представляет собой независимый двухканальный низкочастотный усилитель с постоянным коэффициентом усиления $K_y = 100$ по каждому ка-

налу. Усилитель имеет следующие параметры: минимальное входное напряжение 10 мкВ (соответствует 1/4 градуса – при чувствительности хромель-алюмелевой термопары 40 мкВ/К); максимальное входное напряжение 100 мВ; максимальная частота входного сигнала 1000 кГц. Питание осуществляется от двух аккумуляторов постоянного тока напряжением 9 В. Наличие двух независимых низкочастотных каналов позволяет осуществлять одновременное измерение температур с двух термопар. При этом ДТА можно проводить либо с использованием дифференциального включения термопар либо программно – путем построения кривой разности температур, измеренных по соответствующим каналам.

Общая схема нагревательного (охлаждающего) блока приведена на рис. 2.

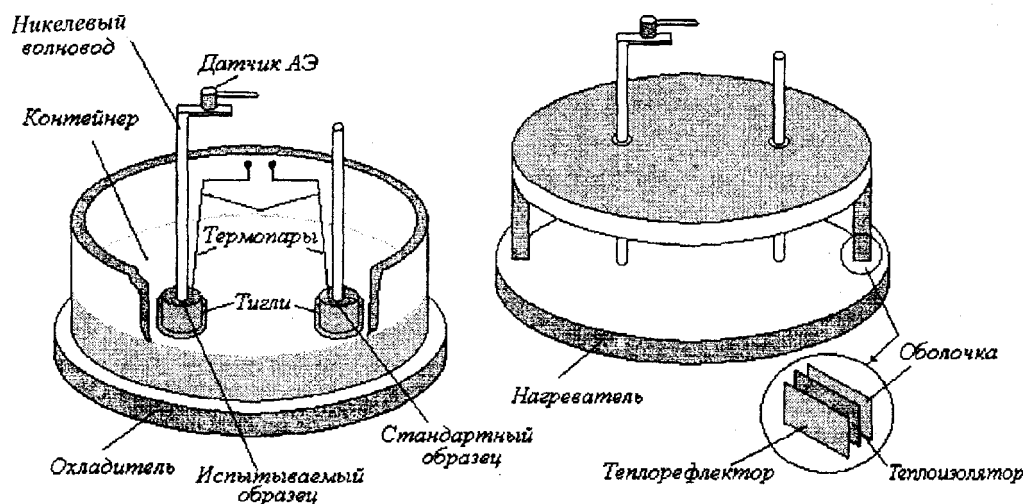


Рис. 2. Общая схема нагревательного (охлаждающего) блока

Нагревательный (охлаждающий) блок является латунной изотермической платформой. При нагреве в платформе размещают мощный нагревательный элемент, при охлаждении ее омывают проточной водоледяной смесью. На изотермической платформе размещается контейнер с температурно-выравнивающим латунным блоком. В последний конгруэнтно вставлены тигли со стандартным (эталонным) и исследуемым образцами. Размеры обоих образцов одинаковы и составляют — 22 × Ø12 мм. С наружной стороны контейнер закрыт внешним многослойным тепловым экраном, состоящим из конструкционной оболочки, теплоизолирующего слоя и терморекфлекторного покрытия. Сквозь экран выведены термопары (хромель-алюмелевые, Ø 0,3 мм) и звуководы (отожженные никелевые стержни Ø 5 мм). В рабочем положении они погружены до дна соответствующего тигля, а термопары расположены на половинной высоте тигля и половинном расстоянии между волноводом и стенкой тигля. На внешних концах волноводов сошлифованы площадки для установки датчика АЭ.

Как было отмечено ранее, управление всем процессом измерения осуществляется разработанным программным математическим обеспечением. Оно построено по принципу многоэкранного интерфейса с возможностью перехода в требуемые операции для их выполнения. Организация самого процесса измерения осуществляется на определенных принятых соглашениях о структуре и скорости ввода информации по измерительным каналам, что позволяет проводить распределение каналов по скорости поступления информации с последующим формированием соответствующих математических процедур для ее обработки. Обработка каналов осуществляется независимо друг от друга, с наличием первичных приоритетов. Это связано с тем, что максимальный объем информации фиксируется по каналу регистрации сигналов АЭ.

Разработанная установка и методика проведения термического и дифференциального термического анализа с регистрацией сигналов акустической эмиссии позволяет получать помимо стандартной информации значительные дополнительные объемы пока еще недостаточно изученной информации о кинетике и динамике протекания процессов плавления и кристаллизации металлов и сплавов. Сочетание стандартных методов исследования с методом АЭ дает обширнейшую информацию, требующую более детального анализа с позиций механизмов формирования и разрушения структуры материалов.

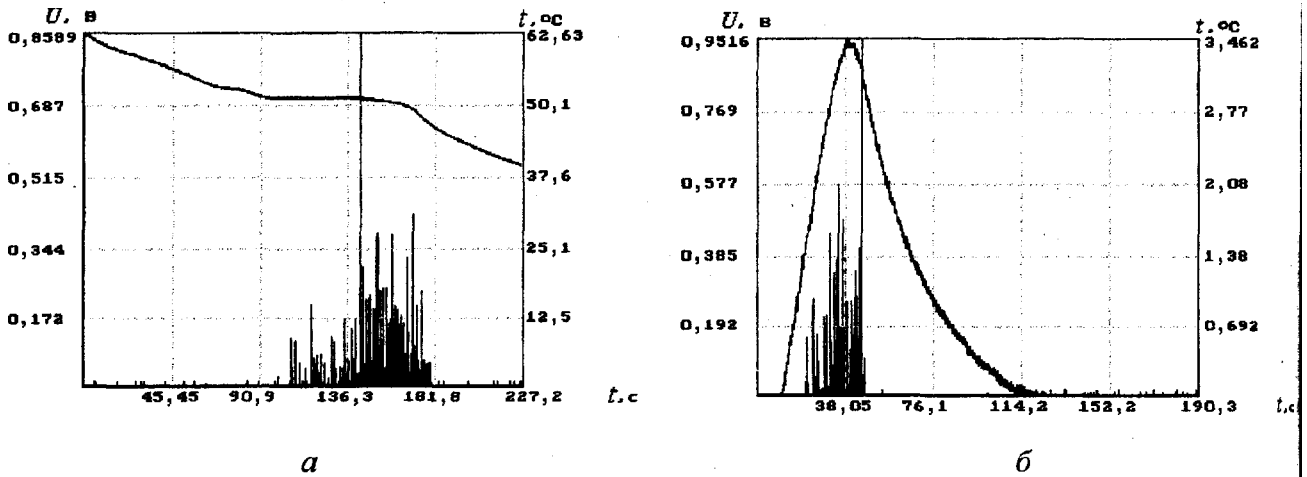


Рис.3. Зависимость изменения температуры и усредненной амплитуды сигналов АЭ:
а — при проведении термического анализа; *б* — при проведении дифференциального термического анализа

В качестве примера на рис. 3 приведены фрагменты вывода регистрируемой информации при кристаллизации эвтектического сплава $\text{In}_2\text{Bi-In}$ (акустическая и тепловая зависимости в одинаковых временных координатах).

Таким образом, разработанная компьютерная система позволяет проводить термический и дифференциальный термический анализ с одновременной регистрацией и обработкой сигналов акустической эмиссии, несущей информацию о формировании структуры твердого тела.

Список литературы

1. *Лахтин Ю.М., Леонтьев В.П.* Материаловедение. — М.: Машиностроение. — 1980. — 494 с.
2. *Бельская И.Н.* Установка для дифференциального термического анализа алюминиевых, магниевых и титановых сплавов //Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 1998. —Т.65. —№8. — С.37–38.
3. *Грешников В.А., Дробот Ю.В.* Акустическая эмиссия. Применение для испытаний материалов и изделий. — М.: Изд-во стандартов. — 1976. — 272с.
4. *Бабак В.П., Филоненко С.Ф.* Исследование материалов и изделий методом акустической эмиссии для прогнозирования их состояния //Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. —1997. — № 1. — С.25–34.
5. *Бакулин А.В.* Акустическая эмиссия при физико-химических процессах //Акустическая эмиссия материалов и конструкций. 1-я Всес.конф. — Ростов-на-Дону, 1989. — Ч.2. — С.36–41.