

*А.И. Урбах, хабилитированный доктор инженерных наук,
М.Д. Банов, хабилитированный доктор инженерных наук,
С.М. Дорошко, хабилитированный доктор инженерных наук,
Е.Н. Гарбуз, магистр инженерных наук, Ю.В. Фецул,*

(Рижский Технический университет, Институт Технологий Транспортных Машин, Латвия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ПЛАВЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛЕГКОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований кинетики процессов плавления и кристаллизации олова и свинца методом акустической эмиссии.

Изучение механизма формирования кристаллов металлов и сплавов и их поведения в литейной форме представляет значительные трудности и основано главным образом на исследовании структуры и химического анализа материала отливок. Для точного соблюдения технологических параметров необходимо не только исследование физико-механических свойств материала готовых изделий, но и изучение кинетики процессов, происходящих в материале в процессе их производства. В решении этой проблемы использование метода акустической эмиссии (АЭ) является одним из наиболее перспективных направлений [1].

Как известно, при кристаллизации большинства веществ их относительный объем уменьшается [2,3]. Исключения составляют такие вещества как чугун, вода и сурьма, для которых данный процесс сопровождается увеличением относительного объема [4,5]. В любом из указанных случаев наблюдается изменение относительного объема в среднем на 3...10%.

Практически для всех веществ процесс кристаллизации сопровождается скачкообразными изменениями плотности среды за счет движущейся границы раздела фаз расплав - кристалл, что сопровождается эмиссией ультразвуковых колебаний [6].

В данной работе представлены результаты исследований кинетики процессов плавления и кристаллизации легкоплавких металлов – свинца и олова с использованием метода акустической эмиссии.

Свинец содержал до 2% примеси сурьмы, а олово – до 3% примеси меди. Масса исследуемого свинца составляла 200 г, олова - 100 г.

Схемы экспериментальных установок для плавки и кристаллизации легкоплавких металлов приведены на рис. 1 и 2 соответственно.

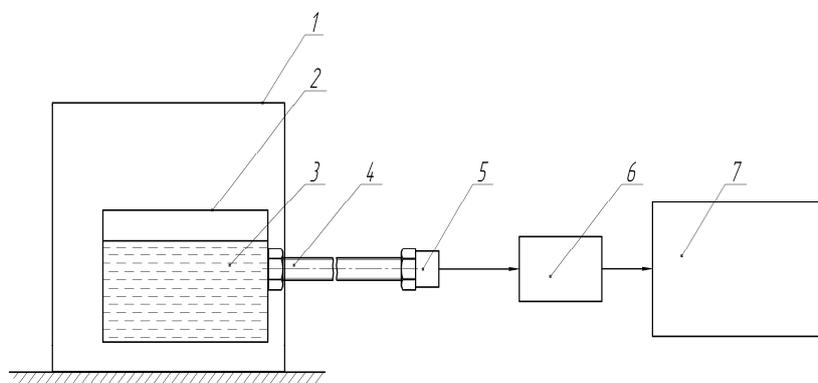


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для плавки: 1– печь, 2– тигель, 3 – исследуемый металл, 4 – звукопровод, 5 – пьезопреобразователь сигналов АЭ, 6 – предусилитель сигналов АЭ, 7 – АЭ прибор

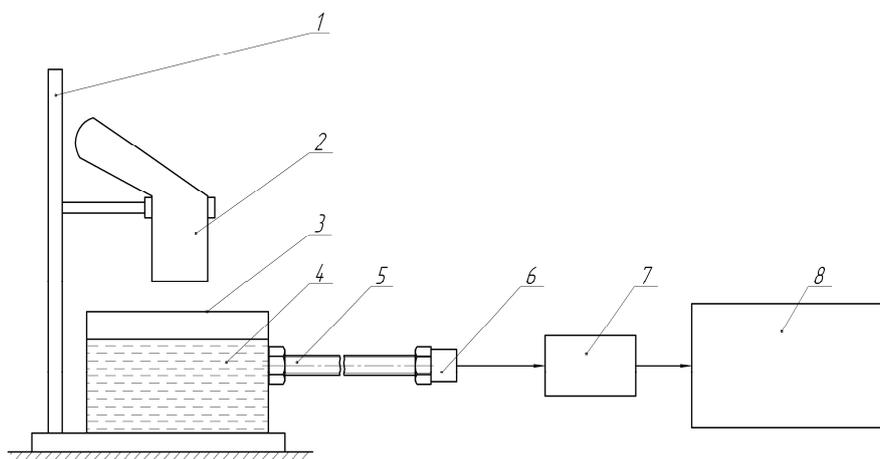


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для кристаллизации: 1 - штатив, 2 – пирометр, 3 – тигель, 4 – исследуемый металл, 5 – звукопровод, 6 – пьезопреобразователь сигналов АЭ, 7 – предусилитель сигналов АЭ, 8 – АЭ прибор

В стальной тигель закладывали один из исследуемых металлов. Далее тигель помещали в печь и нагревали до температуры 600°C . Затем тигель с расплавленным металлом вынимали из печи для последующего остывания на воздухе. В процессе остывания регистрировали сигналы АЭ, которые через присоединенный к тиглю звукопровод передавались на приклеенный к нему датчик и далее после предварительного усиления на регистрирующую АЭ аппаратуру.

Данные АЭ регистрировали измерительным комплексом на базе ГСП АРГУС-7 АФ-15 и прибором фирмы РАС РОCKET АЕ - 2. Акустико-эмиссионный прибор ГСП АРГУС-7 АФ-15 представляет собой 2-х канальный регистратор, обеспечивающий измерение суммарной АЭ и интенсивности АЭ (полоса пропускания $20\text{кГц} - 2,0\text{МГц}$). Прибор фирмы РАС РОCKET АЕ - 2 является портативным двухканальным акустико-эмиссионным прибором, позволяющим фиксировать параметры АЭ. В ходе эксперимента был задействован один акустико-эмиссионный канал и канал параметрического входа. В ходе экспериментов регистрировали параметры сигналов АЭ (интенсивность $\dot{N}_{\text{аэ}}$, энергию, амплитуду, суммарный счет $N_{\text{аэ}}$, длительность, среднюю частоту и значение порога АЭ сигналов), а также время на параметрическом входе прибора АЭ. Полоса пропускания прибора $20\text{кГц} - 1,0\text{МГц}$.

Фиксацию температуры исследуемых материалов осуществляли через фиксированные периоды времени пирометром.

В качестве датчика сигналов АЭ был выбран пьезопреобразователь П113-(0,2 – 0,8) с частотным диапазоном от 200кГц до 800кГц .

Для предварительного усиления сигнала применяли предусилитель П113 (прибор АФ-15) с постоянным усилением 40дВ в частотном диапазоне от 20кГц до 2МГц и IL-LP-WS (РАС РОCKET АЕ - 2) с постоянным усилением 26дВ в частотном диапазоне от 100кГц до 1МГц .

Для удобства анализа и сравнения графики, характеризующие результаты исследования, представлены в относительных единицах.

Для свинца график зависимости суммарной $N_{\text{аэ}}$ от времени t в процессе плавления показан на рис. 3, а. На начальной стадии плавления наблюдается интенсивный рост сигналов АЭ (этап I, см. рис. 3, а.), который со временем стабилизируется (этап II). На завершающей стадии процесса плавления проявляется небольшой, но очевидный этап повторного роста сигналов АЭ (этап III), после чего процесс замедляется (этап IV). Вероятнее всего, III этап полученной зависимости связан с дальнейшим разрушением более мелких кристаллических структур свинца.

Для олова этап повторного роста (этап III, рис. 3, б) менее выражен.

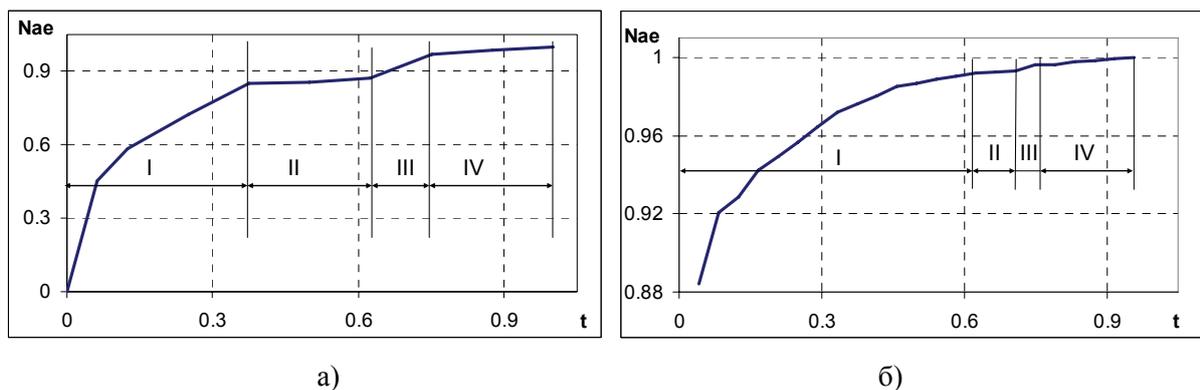


Рис. 3. Зависимость суммарной N_{ae} от времени t в относительных величинах при расплавлении: а) свинца; б) олова

Характер кривой зависимости суммарной N_{ae} и температуры T от времени t (рис. 4) при кристаллизации определяется кристаллическим строением вещества и, возможно, наличием примесей.

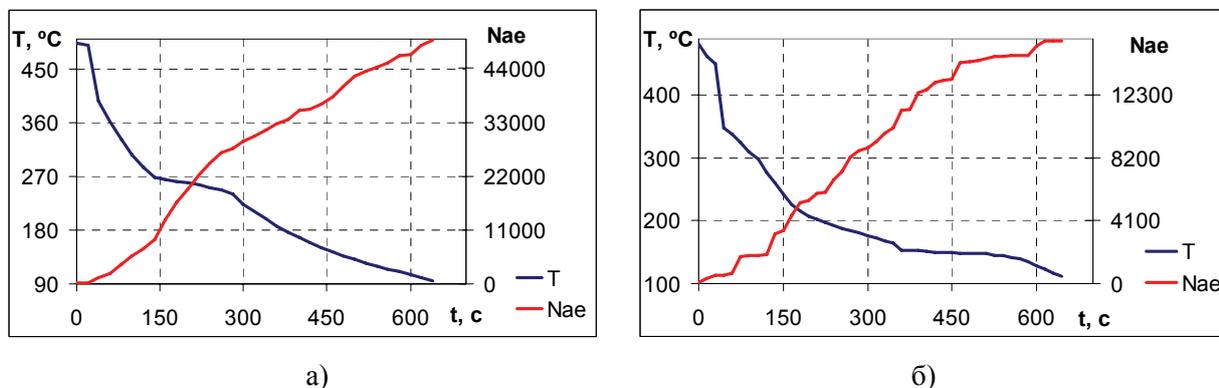


Рис. 4. Зависимость суммарной N_{ae} и температуры T от времени t при кристаллизации: а) свинца; б) олова

График, характеризующий процесс кристаллизации свинца (рис 5, а) можно разделить на четыре этапа. I этап (в пределах температур от 490°C до 360°C) характеризует начало охлаждения расплава. После чего на этапе II (в пределах температур от 360°C до 270°C) наблюдалось образование поверхностной пленки. Этап III (в пределах температур от 270°C до 250°C) соответствует периоду кристаллизации металла. Этап IV (в пределах температур от 250°C до 100°C) характеризует окончание кристаллизации металла и процесс охлаждения кристаллизовавшегося металла.

В процессе кристаллизации олова также можно выделить четыре характерных этапа (Рис 5, б).

I этап (в пределах температур от 490°C до 340°C) характеризует начало охлаждения расплава. После чего на этапе II (в пределах температур от 340°C до 280°C) наблюдалось образование поверхностной пленки. Этап III (в пределах температур от 280°C до 150°C) соответствует периоду кристаллизации металла. Этап IV (в пределах температур от 150°C до 110°C) характеризует окончание кристаллизации металла и процесс охлаждения кристаллизовавшегося металла.

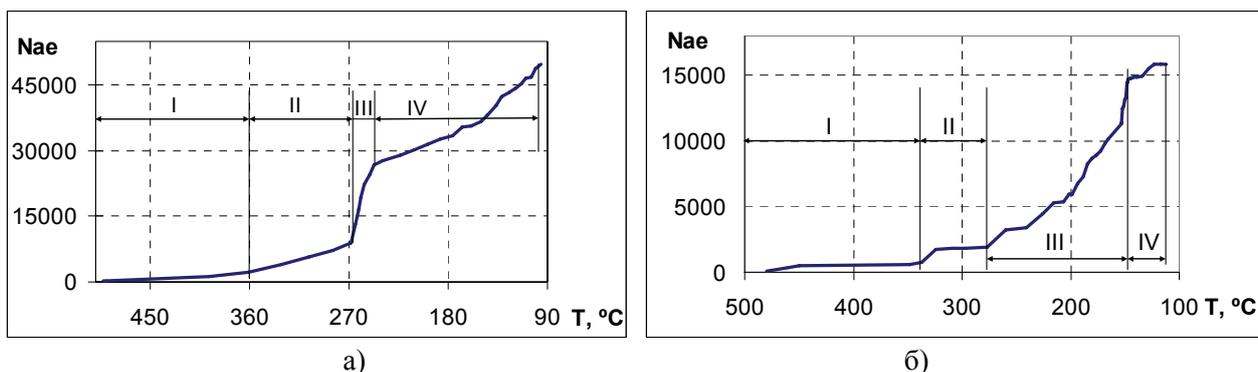


Рис. 5. Зависимость суммарной N_{ae} от температуры T при кристаллизации:
а) свинца; б) олова

Выводы:

- Информативные параметры сигналов АЭ достаточно достоверно характеризуют процессы плавления и кристаллизации легкоплавких материалов.
- Метод АЭ может быть применен для контроля технологических процессов в литейном производстве.

Список литературы

1. Трипалин А.С., Буйло С.И. Акустическая эмиссия. Ростов-на-Дону, Изд-во РГУ, 1986, -160 с.
2. Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) Химическая энциклопедия: в 5 т. — Москва: Советская энциклопедия, 1992. — Т. 2. — 672 с.
3. Вайнгард У. Введение в физику кристаллизации металлов - М.: Мир, 1967. - 170 с.
4. Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) Химическая энциклопедия: в 5 т. — Москва: Советская энциклопедия, 1988. — Т. 1. — 625 с.
5. Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) Химическая энциклопедия: в 5 т. — Москва: Советская энциклопедия, 1995. — Т. 4. — 639 с.
6. Жекамухов М. К., Шокаров Х. Б. О природе высокочастотных акустических волн, возникающих при кристаллизации и плавлении веществ www2.fep.tsure.ru/books/conferenc/pem2000/paper/ai21.pdf