

## КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СИСТЕМ СПЛАВОВ PbSn И PbBi

Е. А. Сюткина, Л. В. Спивак

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

В данной статье рассмотрены калориметрические эффекты при кристаллизации сплавов систем PbSn и PbBi с различной концентрацией второй фазы. Также для сравнения представлены данные калориметрических эффектов кристаллизации свинца. Исследования проводились методом дифференциальной сканирующей калориметрии – ДСК. Проанализированы особенности изменения ДСК-кривых исследуемых сплавов. На основе полученных данных сделано предположение о том, что процесс кристаллизации двухкомпонентных сплавов носит существенно более сложный характер, в отличие от чистых металлов или сплавов эвтектического состава.

**Ключевые слова:** кристаллизация; дифференциальная сканирующая калориметрия; сплав

## CALORIMETRIC EFFECTS DURING SOLIDIFICATION OF ALLOYS SYSTEMS PbSn AND PbBi

E. A. Syutkina, L. V. Spivak

Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

In this paper, we consider the calorimetric effects in the crystallization of alloys of the PbSn and PbBi systems with different second phase concentrations. Data for the calorimetric effects of lead crystallization are also presented for comparison. The studies were carried out using differential scanning calorimetry (DSC). The features of the change in the DSC curves of the investigated alloys are analyzed. On the basis of the data obtained, the assumption is made that the process of crystallization of two-component alloys is essentially more complex, in contrast to pure metals or eutectic alloys.

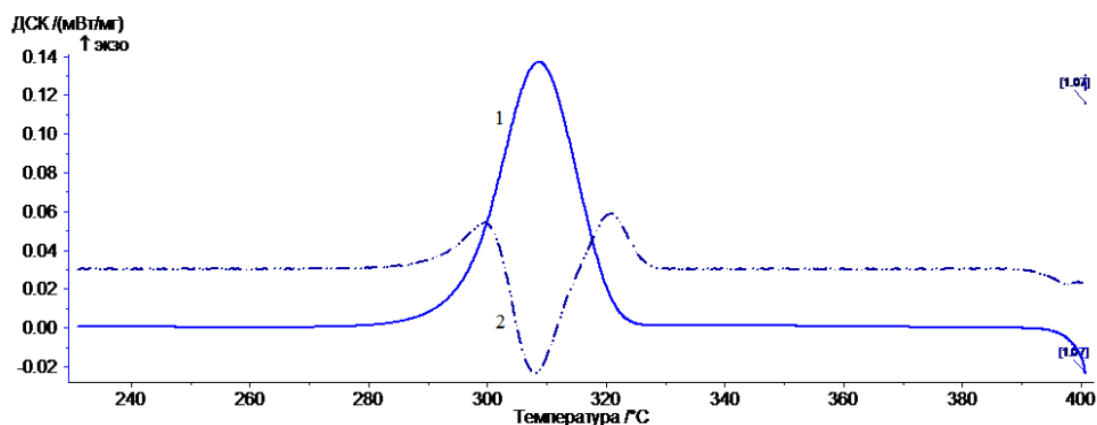
**Keywords:** crystallization; differential scanning calorimetry; alloy

Кристаллизацией называется процесс образования кристаллов из жидкой и газообразной фаз, или кристаллов другой структуры. Он представляет собой фазовый переход первого рода [1, 2]. Сплавы PbSn и PbBi широко известны и применяются в промышленности, но до сих пор подобные исследования с ними не проводились. Классические диаграммы состояния были построены при помощи метода дифференциального термического анализа. Они позволяют определить лишь начало и конец процесса, но не позволяют определить никаких тепловых эффектов фазовых переходов. Поэтому был применен метод дифференциальной сканирующей калориметрии.

В ходе работы были исследованы сплавы PbSn с концентрацией олова 10%, 27%, 38%, 65%; PbBi с концентрацией висмута 51%, 65%, 81%, 57%.

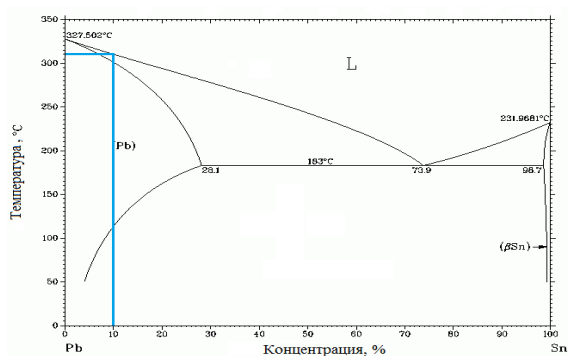
Для сравнения представлено исследование калориметрических эффектов свинца. Скорость нагрева/охлаждения одна – 10 К/мин.

На рис. 1 представлена ДСК-кривая охлаждения свинца и ее вторая производная, поведение которой говорит о том, что данный процесс можно отнести к фазовому переходу первого рода.

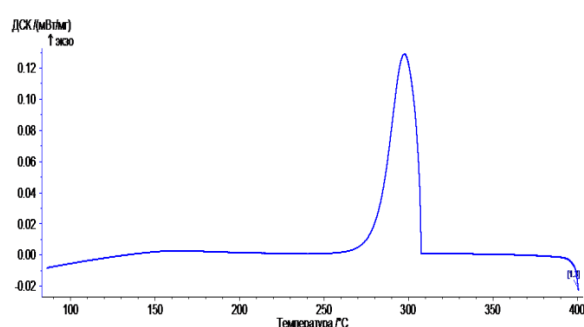


**Рис. 1.** ДСК-кривая охлаждения свинца: 1 – ДСК-кривая; 2 – вторая производная ДСК-кривой

Рассмотрим калориметрические эффекты двухкомпонентных сплавов на примере PbSn и PbBi – эвтектика. На рис. 2 представлена диаграмма состояния сплава PbSn с концентрацией олова 10%. На рис. 3 показана ДСК-кривая охлаждения сплава. На рис. 4 и рис. 5 представлены первая и вторая производные данной кривой. По поведению первой производной можно сказать, что максимальная скорость выделения тепла находится вблизи линии ликвидус.

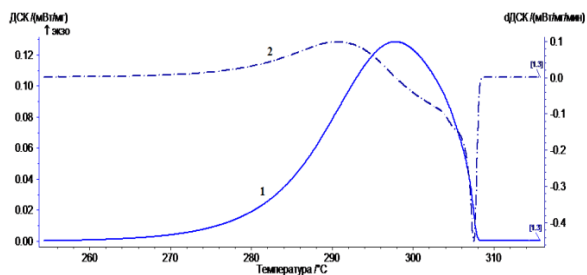


**Рис. 2.** Диаграмма состояния сплава PbSn с концентрацией олова 10%

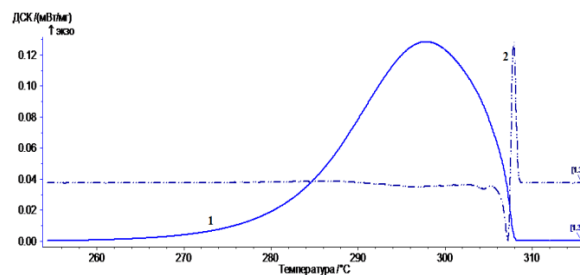


**Рис. 3.** ДСК-кривая охлаждения сплава PbSn с концентрацией олова 10%

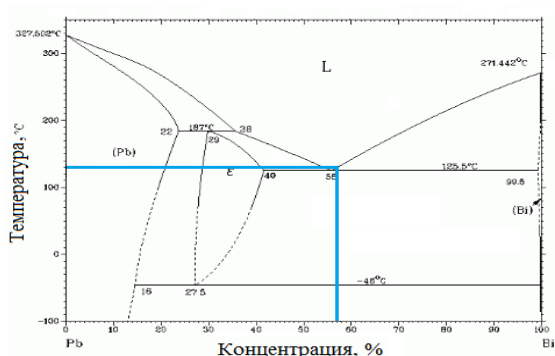
На рис. 6 представлена диаграмма состояния сплава PbBi с концентрацией висмута 57% – сплав эвтектического состава. На рис. 7 представлены ДСК-кривая её вторая производная данного сплава. Поведение второй производной говорит о том, что данный процесс можно отнести к фазовому переходу первого рода.



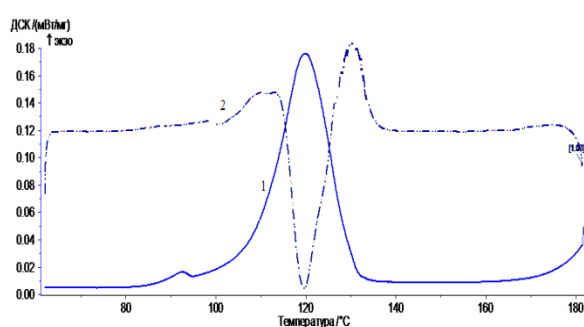
**Рис. 4.** ДСК-кривая охлаждения для сплава PbSn с концентрацией олова 10%: 1 – ДСК-кривая; 2 – первая производная ДСК-кривой



**Рис. 5.** ДСК-кривая охлаждения для сплава PbSn с концентрацией олова 10%: 1 – ДСК-кривая; 2 – вторая производная ДСК-кривой



**Рис. 6.** Диаграмма состояния сплава PbBi с концентрацией висмута 57% – эвтектика



**Рис. 7.** ДСК-кривая охлаждения сплава PbBi с концентрацией висмута 57% – эвтектика: 1 – ДСК-кривая; 2 – вторая производная ДСК-кривой

Из полученных результатов видно, что сплав неэвтектического состава имеет более сложный характер поведения при кристаллизации. Максимальная скорость выделения тепла соответствует линии ограниченной растворимости. Достоверность экспериментальных результатов подтверждается качественным воспроизводством установленных закономерностей для различных составов сплавов PbSn и PbBi.

### Список литературы

1. Коверда В. П. Кристаллизация // Большая Российская энциклопедия. БРЭ, 2010. Т. 16. С. 45-53
2. Горелик С. С., Дашевский М. Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. М.: МИСИС, 2003. 480 с.