

## КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СПЛАВАХ Al – Cu

С. О. Оборина, Л. В. Спивак

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

Многочисленными экспериментами показано, что кристаллизация двухкомпонентных сплавов доэвтектического состава D1 и D19 системы Al-Cu не подчиняется общепринятым закономерностям. Полученные результаты исследований вносят корректировку в теорию кристаллизации двухкомпонентных сплавов. Выявлено, что кристаллизация начинается не при переохлаждении, а при достижении линии ликвидус. Объяснением этому может служить то, что в двухкомпонентных сплавах до начала охлаждения происходит концентрационное расслоение.

**Ключевые слова:** кристаллизация; двухкомпонентные сплавы; дифференциально сканирующая калориметрия; калориметрические эффекты

## CALORIMETRIC STUDIES OF PHASE TRANSFORMATIONS IN AL – CU ALLOYS

S. O. Oborina, L. V. Spivak

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

Numerous experiments have shown that the crystallization of two-component alloys of the pre-eutectic composition of the Al-Cu system does not obey the generally accepted theory. The obtained research results corrects the theory of crystallization of two-component alloys. It was shown, that crystallization does not begin with supercooling, but upon reaching the liquidus line. This can be explained by the fact, that in the two-component alloys, before the start of cooling, there is a concentration lamination.

**Keywords:** crystallization; two-component alloys; differential scanning calorimetry; calorimetric effects

При исследовании фазовых превращениях в системах металл-водород было показано, что при достижении линии ограниченной растворимости, ниже которой начинается выделение второй фазы, наблюдается ускорение теплового потока, тогда как согласно существующим представлением выделение тепла должно носить монотонный характер. В связи с этим возник вопрос, на сколько особенности калориметрические эффектов при термоциклировании сплава металл-водород являются общими и для других двухкомпонентных сплавов.

В настоящее время, современные калориметрические методы исследования на сплавах Al-Cu не были проведены, так как способ, предложенный Курнаковым, давал только ответ, присутствуют ли фазовые превращения в сплаве. При появлении калориметрии становится возможным определять количественные характеристики превращения. Задачей данной работы явля-

ется исследование калориметрических эффектов на двухкомпонентных сплавах Al-Cu, с целью выявить закономерности и уточнить носят ли они общий характер.

Сплавы Al-Cu широко применяется в авиастроении, при производстве скоростных поездов и во многих других отраслях машиностроения, так как отличается существенно большей прочностью, чем чистый алюминий [1].

В данной работе объектами исследования служили сплавы Д1 и Д19, с содержанием меди около 4%.

Для исследования превращений в сплавах Al-Cu выбран метод дифференциальной сканирующей калориметрии, поскольку простой термический анализ имеет невысокую чувствительность. Так как при малом удельном тепловом эффекте на единицу массы или при небольшом количестве превращающейся фазы перегибы на термических кривых, соответствующих превращению, становятся едва заметными и такие превращения могут быть не обнаружены.

Гораздо большей чувствительностью обладают дифференциальные методы, в основе которых лежит метод сравнения температур между измеряемым образцом и так называемым эталоном - термически стабильным материалом, без фазовых переходов, с температурой плавления много выше интервала температур, в котором проводятся исследования [2].

Если обратится к диаграмме состояния Al-Cu, представленной на рис.1, тепловой эффект должен быть пропорционален выделению второй фазы. По правилу отрезков из диаграммы состояния Al-Cu, была построена зависимость второй фазы от температуры, она представлена на рис. 2. Данная зависимость является линейной, не наблюдается аномалий на кривой, то есть не должно быть максимума теплового потока.

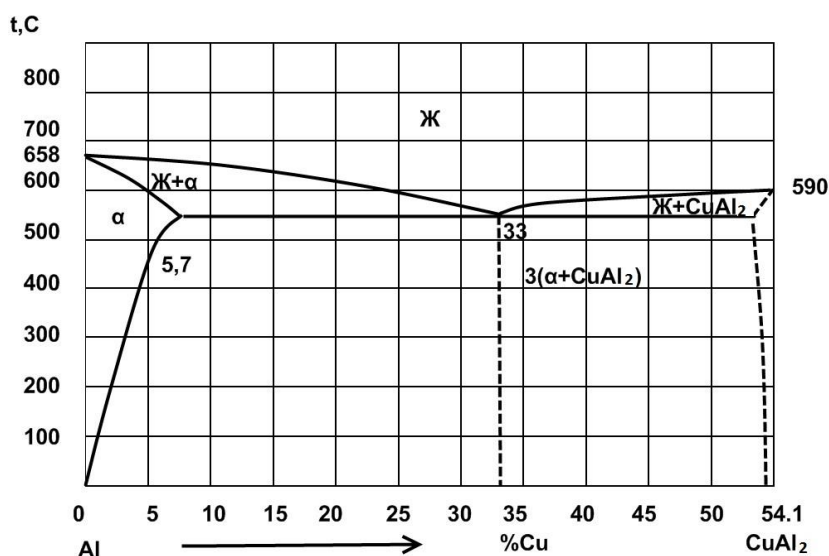
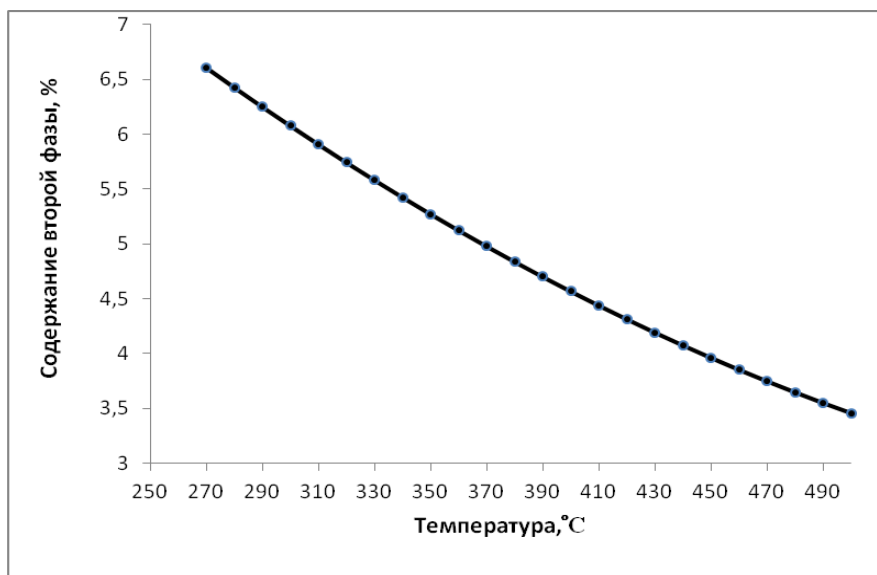


Рис. 1. Диаграмма состояния сплавов системы Al-Cu

Появление максимума теплового потока можно объяснить следующими механизмами. При охлаждении, термодинамический стимул системы уве-

личивается, а диффузионная подвижность атомов уменьшается. При увеличении термодинамического стимула системы скорость теплового потока должна увеличиваться, а при уменьшении диффузионной подвижности скорость должна уменьшаться. Это процессы происходят одновременно, поэтому появляется максимум скорости теплового потока.



**Рис.2.** Зависимость количества второй фазы от температуры для сплавов Al-Cu с 4% содержанием меди

Выявлено, что кристаллизация начинается не при переохлаждении, как для чистых металлов, а сразу при достижении линии ликвидус. В двухкомпонентных сплавах происходит расслоение на высокое и низкое содержание меди. При концентрационном расслоении возникает большое число локальных объемов. Поэтому при достижении линии ликвидуса в локальных объемах резко появляется большое количество зародышей, следовательно, происходит выделение теплового потока.

При достижении линии ограниченной растворимости в двухкомпонентных сплавах происходит выделение фазы  $\text{CuAl}_2$ . Происходит процесс расслоения на интерметаллиды, с высокой концентрацией меди, и раствор обедненный медью. Расслоение происходит спонтанно, фазы близкой к интерметаллидам мало, поэтому и тепловой эффект заметно меньше, чем при достижении линии ликвидуса.

Также в полученных экспериментальных данных есть незначительные различия в поведении ДСК кривой для сплавов Д1 и Д19, это связано с различным содержанием магния. Для этих сплавов используется одна диаграмма состояния Al-Cu, поскольку различие в содержании магния оказывает влияние только на механические свойства. Экспериментально подтверждается, что содержание магния в сплавах Д1 и Д19 не оказывает значительного воздействия на калориметрические эффекты при фазовых превращениях.

### Список литературы

1. *Свищев Г. П.* Алюминиевые сплавы. М.: Научное издательство «Большая российская энциклопедия»: Центральный аэрогидродинамический институт им. Н. Е. Жуковского, 1994. 736 с.
2. *Харитонова Е. П.* Задача. Основы дифференциальной сканирующей калориметрии: метод. пособ. / Е.П. Харитонова; МГУ. Москва. 2010. 35 с.