

*к.т.н., доц. Ершов В.М.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ ФАЗ СИСТЕМЫ МЕДЬ-ГАЛЛИЙ

Приведені результати високотемпературної дифрактометрії термічного розширення кристалічних ґрат твердого розчину і інтерметаллідів α , γ і ζ – фаз сплавів системи мідь – галій. Знайдена близькість значень коефіцієнта термічного розширення інтерметаллідів і розчинника.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Физические свойства фаз цветных сплавов изучены крайне недостаточно [1]. В то же время хорошо известно [2], что физико-механические свойства сплавов во многом определяются конкретными свойствами фаз, входящих в их структуру. Так, в многофазных сплавах при частых теплосменах возможно образование микротрещин из-за различия коэффициентов термического расширения (далее - КТР или α_t) конкретных фаз.

Если существует определенное различие в КТР-фаз сплава, то при нагреве в фазе с малым КТР возникают растягивающие напряжения, а в фазе с большим КТР – сжимающие. При охлаждении картина напряжений меняется на обратную.

В настоящей работе предпринята попытка измерения КТР интерметаллических фаз сплавов системы медь - галлий.

Анализ исследований и публикаций.

Согласно существующих данных [3], в сплавах системы медь – галлий встречается несколько фаз, большая часть из которых представляют собой электронные соединения (рис.1). Для исследования были выбраны следующие фазы системы: α -фаза (твердый раствор галлия в меди с кристаллической решеткой типа А2); γ -фаза (Cu_9Ga_4 с решеткой типа γ -латуни) и ζ -фаза (Cu_3Ga с кристаллической решеткой типа А3).

Экспериментальные данные по термическому расширению данных фаз системы медь-галлий в литературе отсутствуют. Большинство исследований данных сплавов сводилось только к анализу эффектов упорядочения в γ и ζ – фазах [3].

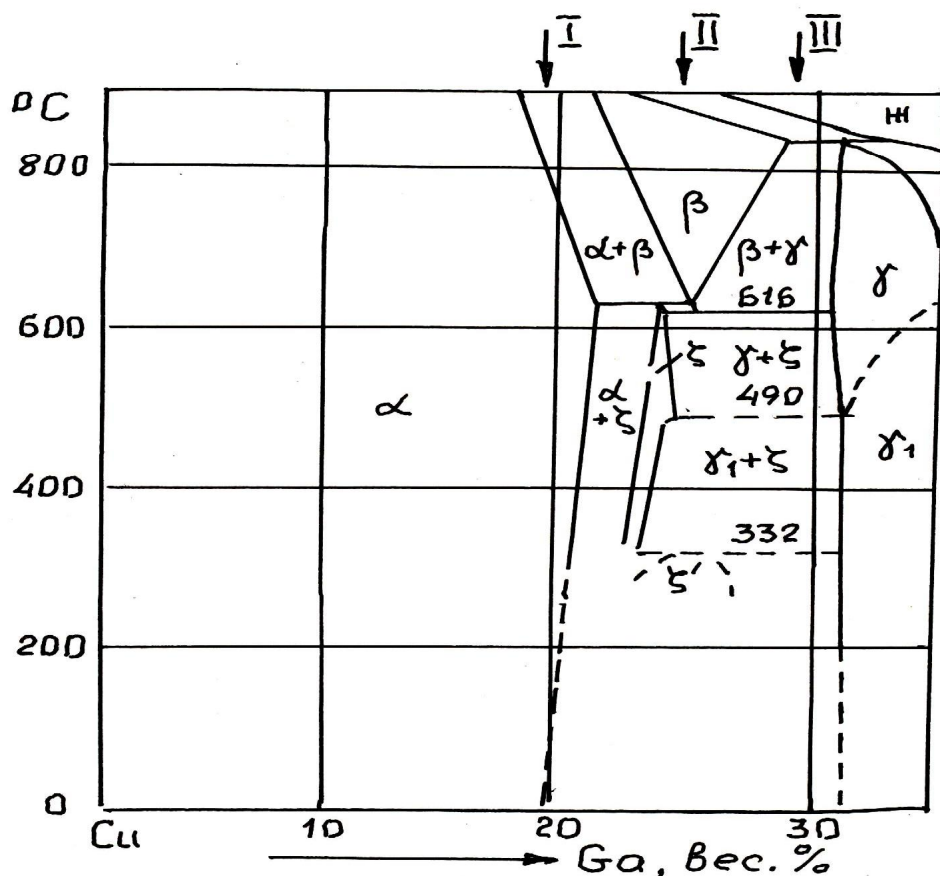


Рисунок 1 – Участок диаграммы состояния медь-галлий по данным [3].
Стрелками указаны составы сплавов настоящего исследования: I – 19.2% Ga; II – 25.1% Ga; III – 29.1% Ga.

Постановка задачи.

Основной задачей данной работы было измерение КТР выбранных фаз методом вакуумной высокотемпературной рентгенографии, которая, как указано в монографии В.А.Финкеля [4], позволяет прецизионно измерять парциальные коэффициенты термического расширения отдельных фаз при нагреве и охлаждении.

Изложение материала и его результаты.

Медногаллиевые сплавы получали открытой плавкой из спектрально чистого галлия и меди марки М00. После выплавки сплавы разливали в кокиль и полученные отливки подвергали длительному гомогенизационному отжигу (10 час при 850⁰С), после чего отливки проковывали в прутки и вновь подвергали отжигу (5 час при 800⁰С). Из прутков галлиевых бронз нарезали тонкие образцы (1-1.5 мм) для рентгеновских исследований.

Прежде всего рентгеноспектральным методом определяли химический состав полученных плавок. Для исследования выбрали три плав-

ки со следующим содержанием галлия: плавка № I – 19.2%; № II – 25.1% и № III – 29.1%.

Далее на образцах вышеназванных плавок провели фазовый рентгеновский анализ на дифрактометре ДРОН-1.5 в железном излучении трубки БСВ-9. На рисунке 2 приведены образцы типичных дифрактограмм анализируемых плавок.

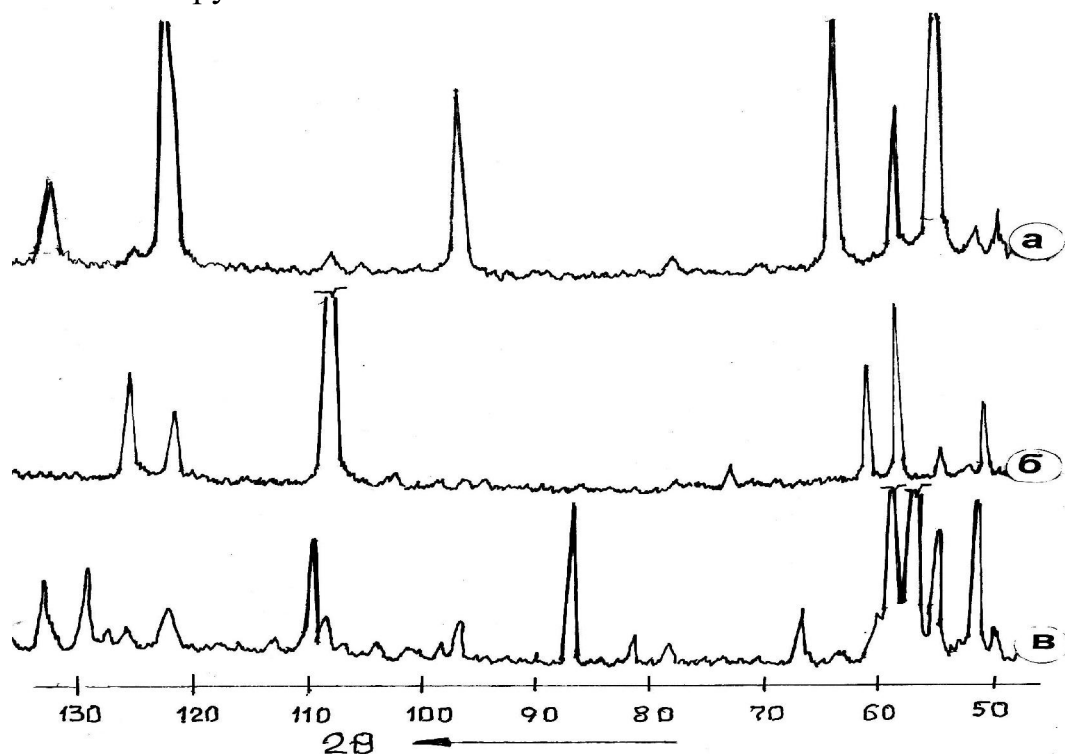


Рисунок 2 - Типичные дифрактограммы сплавов в отожженном состоянии: I – а; II – б и III – в

Расчет и индентификация дифрактограмм показал, что структура образцов плавки I имеет однофазное строение твердого раствора (α – твердый раствор), плавки II – смесь α и ζ – фаз, а для плавки III – смесь кристаллов γ -фазы и небольшого количества фазы ζ .

Тонкие образцы исследуемых сплавов помещали в нагревающее устройство вакуумной дифрактометрической приставки УВД-2000 и медленно, со скоростью 20-30⁰С/мин., нагревали от комнатной температуры до 600⁰С. В процессе нагрева образцов, через 100⁰С, делали изотермические выдержки, в течение которых производили запись дифрактограмм отдельных линий на ленте потенциометра рентгеновского дифрактометра ДРОН-1.5.

Для анализа термического расширения кристаллической решетки α -фазы сплавов использовали регистрацию наиболее интенсивной линии (200) K_{α} , для ζ - фазы – линий (100) K_{α} и (101) K_{α} и для γ -фазы - ли-

нию $(330)K_{\alpha}$. По угловому положению дифракционных линий выбранных фаз рассчитывали параметры их кристаллической решетки, используя известные методики [4].

На рисунке 3 представлены экспериментальные данные температурной зависимости параметров решетки анализируемых фаз медногаллиевых сплавов и чистой меди, взятой в качестве эталонного вещества для расчетов КТР фаз.

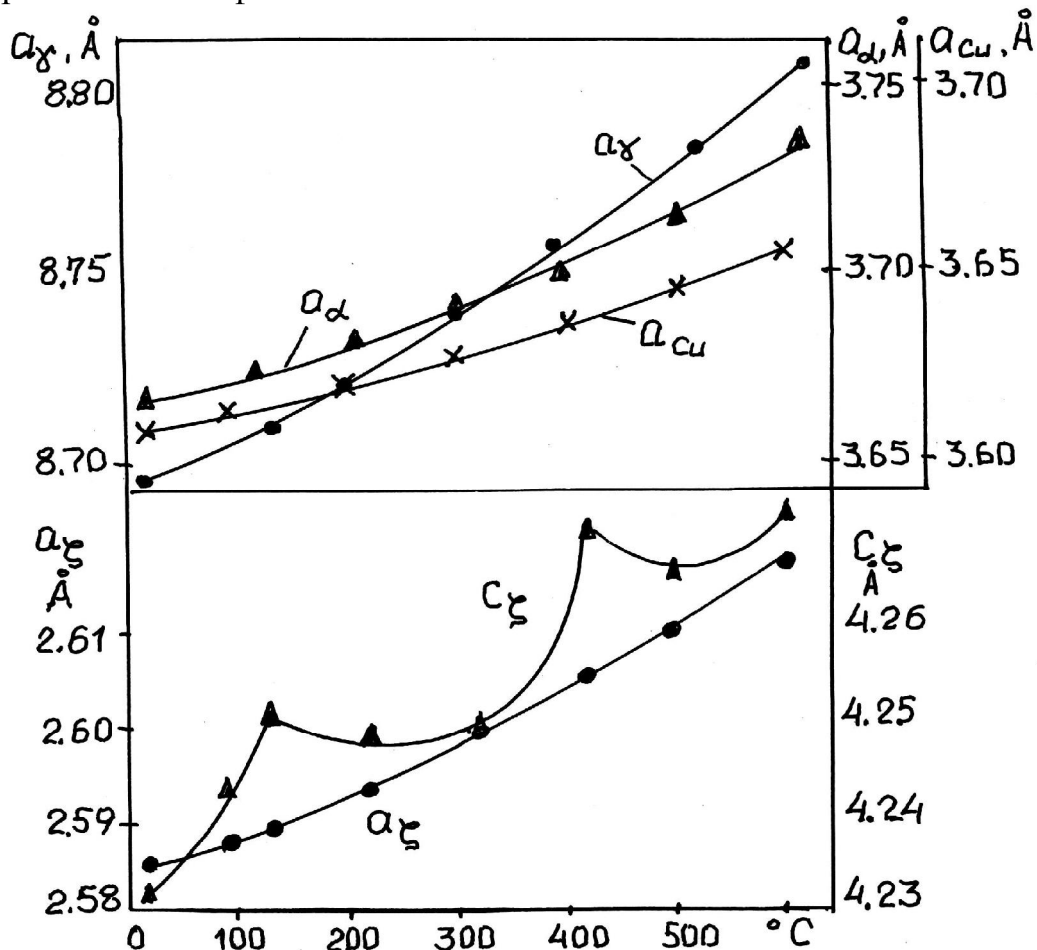


Рисунок 3 – Температурная зависимость параметров кристаллической решетки чистой меди (a_{Cu}), α – фазы (a_{α}), γ – фазы (a_{γ}) и ζ – фазы (a_{ζ} , c_{ζ})

Из приведенных на рис.3 данных следует, что у α и γ – фаз при нагреве идет непрерывный рост параметра кристаллической решетки, а у ζ – фазы проявляется аномалия с параметром c . Два максимума значений этого параметра при 130 и 430⁰С возможно связаны с частичным процессом упорядочения атомов в фазе, что видно из данных диаграммы состояния Cu - Ga (рис.1).

По результатам измерения параметров решетки фаз при нагреве, используя известные методики [4], произвели расчет коэффициентов

термического расширения всех анализируемых фаз. Данные расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчетные коэффициенты термического расширения фаз сплавов системы медь-галлий ($\alpha_t \times 10^{-6} \text{град}^{-1} \pm 1 \times 10^{-6} \text{град}^{-1}$)

Температурный интервал измерения $\alpha_t, ^\circ\text{C}$	Для чистой меди	Для фаз сплавов системы медь - галлий				
	по «а»	19.2% Ga	25.1% Ga		29.1% Ga	
		α - фаза	α - фаза	ζ - фаза		γ - фаза
		по «а»	по «а»	по «а»	по «с»	по «а»
20 - 100	17.2	19.1	19.0	15.0	27.0	16.1
20 - 200	18.2	20.8	20.4	21.2	*	20.0
20 - 300	18.8	21.6	19.3	25.0	*	22.6
20 - 400	19.5	24.0	21.6	25.3	38.0	22.8
20 - 500	20.3	26.3	21.7	25.6	*	27.4
20 - 600	21.2	27.0	22.7	26.8	15.3	28.4

Примечание: * - отрицательные значения α_t .

Из данных таблицы 1 видно, что КТР α – фазы медногаллиевых сплавов весьма близок к значениям коэффициента для чистой меди, особенно для фазы, которая находится в смеси с ζ – фазой (сплав с 25.1% Ga). В тоже время у однофазного α - сплава КТР оказался заметно больше, чем у чистой меди. Это, на наш взгляд, связано с тем, что на КТР α – фазы в смеси оказывает заметное действие термическое расширение второй фазы – ζ , а у однофазного α - твердого раствора увеличение КТР можно объяснить ослаблением силовой связи атомов меди под действием атомов галлия.

Своеобразно ведет себя величина КТР у ζ – фазы. Если коэффициент α_t по параметру «а» медленно возрастает с увеличением температуры, то КТР по параметру «с» совершает значительные броски в значениях, что, надо полагать, связано с изменением в структуре фазы, с механизмом возможного упорядочения в интерметаллиде. Это положение безусловно требует дальнейших специальных исследований

Выводы и направления дальнейших исследований.

На основе полученных результатов, можно утверждать, что твердые растворы на основе меди имеют близкие КТР с растворителем, а

электронные соединения имеют заметно большие коэффициенты α , чем у меди (γ – фаза).

Требует дальнейших исследований факт наложения эффектов термического расширения решетки интерметаллида ζ – фазы и атомного упорядочения в ней.

Приведены результаты высокотемпературной дифрактометрии термического расширения кристаллической решетки твердого раствора и интерметаллидов α , γ и ζ – фаз сплавов системы медь – галлий. Обнаружена близость значений коэффициента термического расширения интерметаллидов и растворителя.

The results of high temperature diffractometry of thermal expansion of crystalline grate of hard solution and yntermetallydov are resulted α , γ and – phases of alloys of the system copper is gallium. Found out the closeness of values of coefficient of thermal expansion of yntermetallydov and solvent.

Библиографический список

1. Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы. – М.: Металлургия. 1974. С. 387.
2. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. – М.: Машиностроение. Т.1,2. 1974. С.945.
3. Справочник. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди. Под редакцией Дрица М.Е. – М.: Наука. 1979. С. 248.
4. Финкель В.А. Высокотемпературная рентгенография металлов. – М.: Металлургия. 1968. С. 204.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Луценко В.А.