

нов $0-1$ Мэв уравнение баланса энергии записывается в виде

$$\bar{\nu}(E_n) = \bar{\nu}_T + a [E_n - \Delta \bar{E}_R(E_n)],$$

где a — средняя энергия отделения нейтрона из осколков. Обычно считается, что $a \approx 0,14$ Мэв⁻¹. Это уравнение можно связать с величиной $R = \bar{\nu}(E_n)/\bar{\nu}(\bar{E}_n)$, определяемой в относительных измерениях [1]:

$$R(E_n, \bar{E}_n) = \frac{\bar{\nu}_T}{\bar{\nu}(\bar{E}_n)} + \frac{a}{\bar{\nu}(\bar{E}_n)} [E_n - \Delta \bar{E}_R(E_n)].$$

Подставляя для одних и тех же E_n данные по $R(E_n, \bar{E}_n)$ и $\Delta \bar{E}_R(E_n)$, получаем систему уравнений с неизвестными коэффициентами $\frac{\bar{\nu}_T}{\bar{\nu}(\bar{E}_n)}$ и $\frac{a}{\bar{\nu}(\bar{E}_n)}$, которые находят методом наименьших квадратов. В результате определения этих коэффициентов можно по $\bar{\nu}_T$ вычислить для U^{233} и U^{235} $\bar{\nu}(\bar{E}_n)$ — среднее число нейтронов деления при опорной энергии E_n , необходимое для перевода относительных значений $\bar{\nu}(E_n)/\bar{\nu}(\bar{E}_n)$ в абсолютные.

По найденным таким образом значениям $\bar{\nu}(E_n)$ и данным по $\Delta \bar{E}_R(E_n)$ проводится проверка предположения о неизменности $Y(M, Z)$. В этом случае уравнение баланса энергии принимает вид

$$\Delta M c^2 = -[E_n - \Delta \bar{E}_R(E_n)] + \frac{\bar{\nu}(E_n) - \bar{\nu}_T}{a},$$

где $\Delta M c^2$ — изменение кривой $Y(M, Z)$, выраженное в энергетических единицах. Анализ показал, что в случае U^{235} $\Delta M c^2$ имеет среднее значение примерно $-0,3$ Мэв $\Delta M c^2 \approx 0$; при E_n , равных $0,6$ и $0,7$ Мэв, $\Delta M c^2$ заметно отклоняется от этого значения. Учет этих отклонений привел к значениям $\bar{\nu}(\bar{E}_n) = 2,494$ для U^{235} , что прекрасно согласуется с $\bar{\nu}(\bar{E}_n) = 2,491 \pm \pm 0,007$, определенным прямым сравнением с $\bar{\nu}_T$ в работе [2].

Для U^{233} значение $\bar{\nu}(\bar{E}_n)$ оказалось равным $2,462$. Анализируются возможные ошибки определения $\bar{\nu}(\bar{E}_n)$ при помощи изложенного метода абсолютизации.

Абсолютные значения $\bar{\nu}(E_n)$ сравниваются с данными других работ. Обсуждается влияние каналовых эффектов на $\bar{\nu}(E_n)$ и $\Delta \bar{E}_R(E_n)$. В таблице даны значе-

Значения $\bar{\nu}(E_n)$ для U^{233} и U^{235} , найденные путем абсолютизации результатов относительных измерений [1]

E_n , Мэв	$\bar{\nu}(E_n)$, U^{233}	$\bar{\nu}(E_n)$, U^{235}
0,08	$2,489 \pm 0,030$	$2,456 \pm 0,022$ $2,450 \pm 0,022$ $2,529 \pm 0,022$
0,20	$2,467 \pm 0,031$	$2,501 \pm 0,022$
0,30	$2,442 \pm 0,027$	$2,481 \pm 0,022$
0,31	—	$2,481 \pm 0,022$
0,40	$2,462 \pm 0,025$	$2,471 \pm 0,022$
0,50	$2,472 \pm 0,027$	$2,471 \pm 0,022$
0,55	—	$2,471 \pm 0,022$
0,60	$2,491 \pm 0,028$	$2,471 \pm 0,022$
0,67	—	$2,471 \pm 0,022$
0,70	$2,516 \pm 0,029$	$2,471 \pm 0,022$
0,78	—	$2,471 \pm 0,022$
0,99	—	$2,503 \pm 0,029$

* Результаты, полученные с использованием сцинтилляционного детектора вторичных нейтронов [2].

ния $\bar{\nu}(E_n)$, полученные по результатам работы [1] и настоящей. В приведенные данные включено среднее число запаздывающих нейтронов для U^{235} (0,169) и U^{233} (0,007). Величина $\bar{\nu}_T$ при пересчете данных относительных измерений принималась без ошибок, которую в необходимых случаях следует учитывать.

(№ 139/3864. Поступила в Редакцию 18/VII 1966 г. В окончательной редакции 29/XII 1966 г. Полный текст 0,85 а. л., 4 рис., 2 табл., библиография 20 названий.)

ЛИТЕРАТУРА

- В. Ф. Кузнецов, Г. Н. Смиренкин. См. настоящую работу, часть I.
- J. u. Blj um k i n a et al. Nucl. Phys., 52, 648 (1964).

Рентгенографическое исследование структуры жидкого индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации

Р. И. КИКНАДЗЕ, Д. М. ЗАХАРОВ, Ю. Г. ЭЛБАКИДЗЕ

Необходимость изучения индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации отмечалась в работе [1]. В связи с этим были проведены рентгенографические исследования структуры жидкого индий-галлиевого сплава, сведения о которой позволяют охарактеризовать процессы, протекающие в сплаве при его плавлении и последующем нагреве. Такая информация полезна, поскольку речь идет о характеристике жидкого состояния сплава, который может быть использован в качестве γ -носителя радиационных контуров промышленного назначения.

Для определения структуры жидкого индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации проводилась съемка рентгенограмм с плоской поверхности сплава на установке УРС-50 ИМ в K_{α} -молибденовом излучении. После обработки экспериментальных кривых и введения соответствующих поправок на некогерентное рассеяние и поляризацию были получены кривые интенсивности рассеяния рентгеновских лучей жидким индий-галлиевым сплавом эвтектической концентрации при температуре 25 и 70°C , а также кривая интенсивности для жидкого галлия при температуре 25°C .

УДК 621.039.553.3:546.681:546.682

Сравнение экспериментальной кривой интенсивности для индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации с расчетной показало, что наблюдаемая зависимость интенсивности от угла рассеяния может быть объяснена, если предположить, что в жидком индий-галлиевом сплаве эвтектической концентрации наряду с микрообластями, близкими по структуре к чистому галлию, присутствуют группировки, в которых статистика ближнего порядка отвечает распределению атомов в кристаллической решетке раствора галлия в индии, аналогичного β -фазе [2]. Существование в жидком сплаве микрообластей двух названных типов позволяет считать структуру жидкого индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации квазиэвтектической. Напомним, что по диаграмме состояния системы сплавов галлия с индием [2] структурными составляющими твердой эвтектики являются галлиевая фаза (α), содержащая менее 1 вес. % индия, и фаза на индиевой основе (β), в которой растворяется 10—12 вес. % галлия.

Сравнение кривых интенсивности для жидкого сплава эвтектической концентрации, полученных при температуре 25 и 70°C, показывает, что при нагревании сплава до температуры 70°C существенных изменений в его структуре не происходит. Наличие квазиэвтектической структуры в жидком индий-галлиевом сплаве связано с тем, что в жидкой фазе системы индий — галлий энергия взаимодействия одноименных атомов превалирует над энергией взаимодействия разноименных, т. е. энергия смещения системы положительна. Расчет

величины энергии смещения возможно провести на основе метода Б. Я. Пинеса — Д. С. Каменецкой [3,4], разработанного для регулярных растворов и описывающего некоторые диаграммы состояния бинарных смесей в хорошем согласии с экспериментом. Энергия смещения, рассчитанная по координатам эвтектической точки индий-галлиевого сплава (20,5 вес. % индия, $t_{\text{плавл}} = 15,8^\circ\text{C}$), составляет величину $\sim +1200$ кал/моль. Это свидетельствует о том, что существование квазиэвтектической структуры в жидком сплаве эвтектического состава оправдано в энергетическом отношении.

(№ 140/4055. Поступила в Редакцию 29/XI 1966 г. Полный текст 0,45 а. л., 4 рис., библиография 13 названий.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. К и к н а д з е, В. Г. Г а м б а р я н, Д. М. З а х а р о в. К вопросу создания промышленных радиационных контуров. «Атомная энергия», 1967 г. (в печати).
2. А. Е. В о л. Строение и свойства двойных металлических систем. М., Физматгиз, 1962.
3. Д. С. К а м е н е ц к а я. Проблемы металловедения и физики металлов. М., Металлургиздат, 1949.
4. Б. Я. П и н е с. Очерки по металлофизике. Изд. Харьковского университета, 1961.

Кристаллизация индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации

Д. М. ЗАХАРОВ, Г. И. КИКНАДЗЕ, Е. З. СПЕКТОР,
С. Ф. ХОХЛОВ

УДК 621.039.553.3:546.681:546.682

Известны [1] основные требования, которым должны удовлетворять жидкие металлические сплавы, выполняющие функции рабочего вещества радиационных циркуляционных установок. Однако эти требования определяют лишь принципиальную возможность использования γ -носителя и не учитывают некоторых свойств жидких сплавов (особенности их поведения при кристаллизации, склонность к переохлаждению и т. д.), сведения о которых могут быть полезными при выборе γ -носителя.

Для оценки склонности индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации к переохлаждению были построены кривые охлаждения сплава. На рисунке показаны три характерные термические кривые. Две из них ($mnpk$ и $m'n'p'k'$) получены при охлаждении индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации (кривая $mnpk$ при скорости охлаждения $\sim 0,4^\circ\text{C}$ в 1 мин, $m'n'p'k'$ — $\sim 2^\circ\text{C}$ в 1 мин). Третья кривая ($abcd$) относится к доэвтектическому сплаву, содержащему 15 вес. % индия, и получена при скорости охлаждения $\sim 2^\circ\text{C}$ в мин. Из рисунка видно, что доэвтектический сплав переохлаждается до температуры $\sim -22^\circ\text{C}$ (точка b), а затем его температура скачкообразно возрастает до значения $+17,6^\circ\text{C}$, что обусловлено началом кристаллизации галлиевой фазы [2]. Кривые охлаждения эвтектического сплава характеризуются явно выраженным перегибом, который предшествует началу эвтектической кристаллизации.

При помощи рентгеноструктурного и химического методов анализа в работе показано следующее: 1) появление перегиба на кривых охлаждения жидкого индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации связано с выделением из сплава фазы на индиевой основе (β -фазы); 2) структура полностью закристаллизованного индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации состоит из галлиевой и β -фаз, что находится в полном соответствии с диаграммой состояния системы сплавов галлия с индием [3].

Основываясь на выводах о механизме кристаллизации сплавов эвтектического типа, сформулированных А. А. Бочваром [4], выделение β -фазы (одной из фазовых составляющих эвтектики индий-галлиевого сплава) следует рассматривать в качестве начальной стадии эвтектической кристаллизации. При дальнейшем понижении температуры в жидкой фазе сплава создаются предпосылки для зарождения и роста кристалликов галлиевой фазы. Собственно эвтектическая кристаллизация начинается в момент соприкосновения кристалликов обеих фаз. Наличие двух стадий в процессе эвтектической кристаллизации бинарного индий-галлиевого сплава, по-видимому, характерно для кристаллизации других сплавов на галлиевой основе.

Жидкий индий-галлиевый сплав эвтектической концентрации (в отличие от сплавов доэвтектического состава) не склонен к глубокому переохлаждению. Во избежание охлаждения сплава, циркулирующего