

Изучение сплавов системы Ве—Fe—С методом ядерного гамма-резонанса

АЛЕКСЕЕВ Л. А., БАБИКОВА Ю. Ф., ГЛАДКОВ В. П.,
ЗОТОВ В. С., КОНДАРЬ В. И., СКОРОВ Д. М.

УДК 539.144:546.45

Углерод и железо — наиболее распространенные примеси бериллия, поэтому они в основном и определяют свойства этого металла. Изучение взаимодействия между примесями в матрице металла может способствовать пониманию процессов, протекающих в бериллии.

В настоящей работе методом ядерного γ -резонанса (ЯГР) исследовали сплавы бериллия с углеродом, обогащенные изотопом Fe^{57} .

Образцы готовили на основе дистиллированного бериллия с электрической чистотой * $\delta = \rho_{293^\circ K} / \rho_{77^\circ K} = 10$ путем дуговой плавки на водоохлаждаемом медном поду с последующей резкой на электроискровом станке. В качестве добавок использовали углерод спектральной чистоты. Термообработку проводили в вакууме ($\sim 10^{-4}$ мм рт. ст.) в присутствии геттера в виде циркониевой стружки. Мёсбауэровские спектры снимали на спектрометре электродинамического типа во временном режиме с многоканальным анализатором АИ-256. Источником излучения служил Co^{57} , заключенный в палладию.

Были получены спектры поглощения на образцах, содержащих 0,06, 0,11, 0,20, 0,39 вес. % углерода. Содержание железа во всех образцах составляло 0,05 вес. %. В качестве примера на рис. 1, а, б приведены спектры поглощения для сплавов, содержащих 0,11 и 0,39 вес. % углерода, после отжига при температуре 1130 и 850° С. Все спектры можно рассматривать как суперпозицию двух дублетов, ширина линий которых с поправкой на ширину линии источника и толщину поглотителя соответствует естественной ширине.

В системе Ве—Fe установлено наличие областей твердых растворов [1]. Поэтому одной из составляющих спектров должен быть дублет железа, растворенного в бериллии. Этот дублет был обнаружен в работах [2—5]. Квадрупольное расщепление Q для дублета твердого раствора железа в бериллии равно $0,58 \pm 0,07$ мм/сек, а изомерный сдвиг $\delta = 0,21 \pm 0,04$ мм/сек (относительно нержавеющей стали).

* Оценка общей чистоты бериллия по отношению электросопротивления при комнатной температуре и 77° К введена по предложению участников Международной конференции по бериллию (Гренобль, 1965).

После отжига при 850° С наряду с дублетом твердого раствора наблюдается второй дублет с параметрами $Q = 0,36 \pm 0,07$ мм/сек и $\delta = 0,14 \pm 0,04$ мм/сек. Согласно диаграмме состояния, в системе Ве—Fe может образовываться интерметаллид $FeBe_{12}$ [6, 7], т. е. вышший бериллид железа с анизотропной кристаллической структурой (тетрагональная объемноцентрированная [8]). Эта структура может обеспечить такой градиент электрического поля, который необходим для возникновения дублета с указанными выше параметрами. Следует отметить, что спектры ЯГР, полученные на контрольных сплавах бериллия с железом (1 вес. % Fe), показали, что дублет с $Q = 0,36$ мм/сек обусловлен присутствием интерметаллида $FeBe_{12}$. Добавки углерода не изменили вида спектров, т. е. не повлияли на их качественный состав (см. рис. 1, а) и весьма слабо сказались на соотношении между железом в твердом растворе и в соединении $FeBe_{12}$ (рис. 2). Следовательно, в тройной системе Ве—Fe—С при температуре 850° С сосуществуют твердый раствор железа в бериллии и интерметаллид $FeBe_{12}$, кроме того, по данным металлографического анализа, обнаружены также включения карбида бериллия (Be_2C).

В результате отжига при 1130° С характер спектров изменился. Дублет соединения $FeBe_{12}$ теперь отсутствует (это согласуется с диаграммой состояния Fe—Ве [6, 7]), но появляется новый дублет (его параметры: $Q = 0,28 \pm 0,07$ мм/сек, $\delta = 0,43 \pm 0,04$ мм/сек), который нельзя отнести к бериллиду $FeBe_5$, так как для него характерна одиночная линия [9]. Мозер и Кистнер [3] обнаружили дублет с аналогичным квадрупольным расщеплением ($Q = 0,29$ мм/сек) при старении (600° С) сплава Ве + 0,1 вес. % Fe, но при источнике $Cu + Co^{57}$ изомерный сдвиг этого дублета несколько меньше ($\delta = 0,05$ мм/сек). Вероятно, он имеет иную природу, чем наблюдаемый в настоящей работе.

Изменение количества углерода в сплавах, отожженных при 1130° С, приводит к уменьшению интенсивности дублета твердого раствора (см. рис. 1, б), а соответственно и к увеличению интенсивности нового дублета. Такая

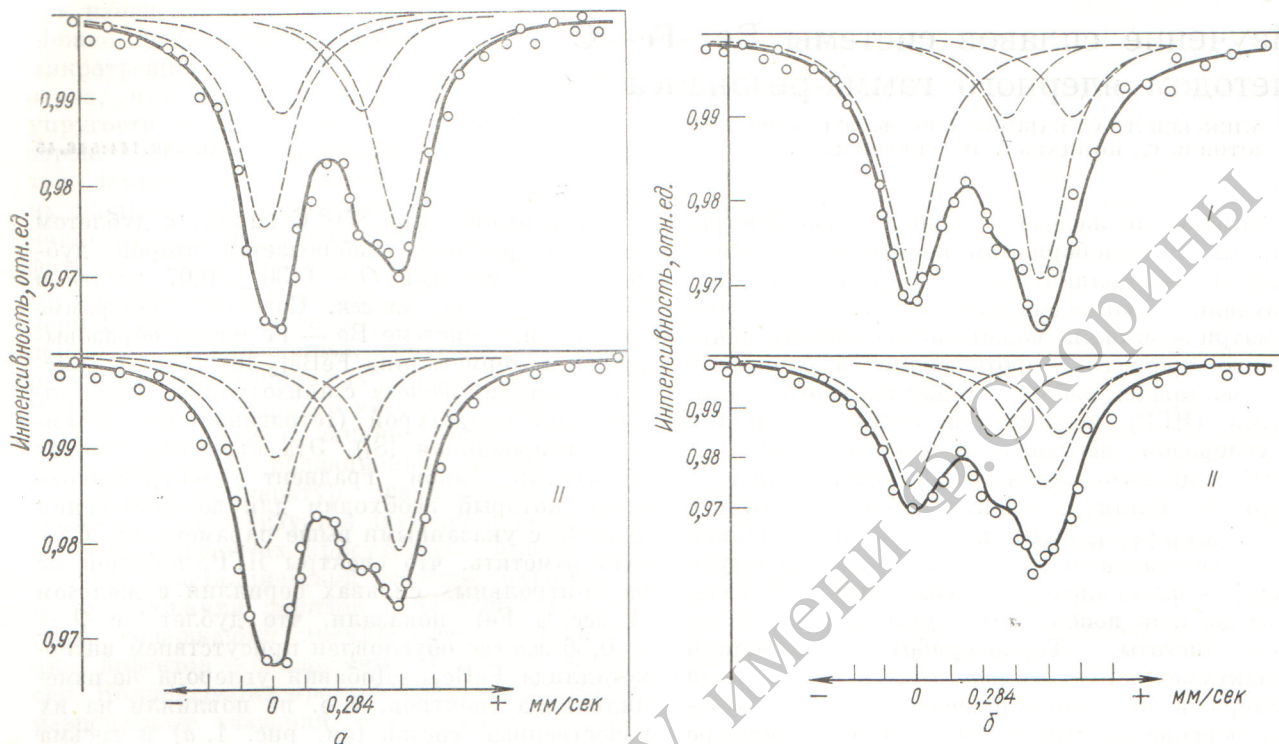


Рис. 1. Спектры поглощения для образцов, содержащих 0,11 (I) и 0,39 вес.% (II) углерода, после отжига при температуре 850° С и продолжительности отжига 4,5 ч (а) и при 1130° С и продолжительности отжига 1,5 ч (б).

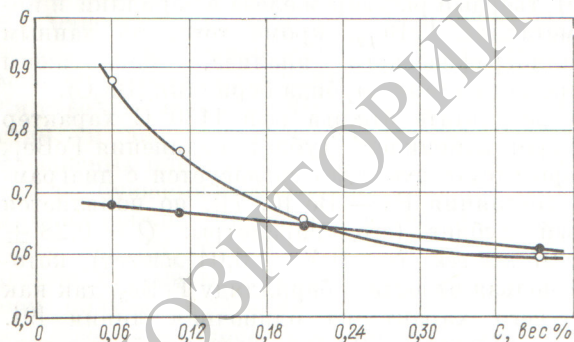


Рис. 2. Изменение относительного количества железа в твердом растворе бериллия G в зависимости от концентрации углерода: ●, ○ — после отжига при температуре 850 и 1130° С соответственно.

взаимосвязь может свидетельствовать о том, что в сплавах появилась фазовая составляющая, содержащая все три компонента: бериллий, железо и углерод. По-видимому, такой фазой может быть некоторое соединение типа $Be_mFe_nC_p$ или раствор железа в карбиде бериллия. На основании рис. 2 можно сделать предположение либо об ориентированном составе

еще не известного соединения в системе $Be - Fe - C$ (вероятно, около 0,2 вес.% C и порядка 0,03 вес.% Fe), либо о возможном пределе растворимости железа в карбиде бериллия при температуре 1130° С.

Поступила в Редакцию 18/V 1972 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Папиров И. И., Тихинский Г. Ф. Физическое металловедение бериллия. М., Атомиздат, 1968.
2. Kistner В. e.a. Bull. Amer. Phys. Soc., 1962, v. 7, No. 4.
3. Mozer O., Kistner В. Bull. Amer. Phys. Soc., 1962, v. 7, No. 7.
4. Janot С. e.a. C.r. Acad. sci., 1968, v. B-955, p. 267.
5. Janot С., Deloroix Р. Acta Metallurgica, 1972, v. 20, p. 637.
6. Дарвин Дж., Баддери Дж. Бериллий. М., Изд-во иностр. лит., 1962.
7. Уайт Д., Берк Д. Бериллий. М., Изд-во иностр. лит., 1960.
8. Самсонов Г. Бериллиды. Киев, «Наукова думка», 1966.
9. Ohta Keizo. J. Appl. Phys., 1968, v. 39, p. 2123.