

УДК 669.715.620.193

Академик АН Республики Таджикистан И.Н.Ганиев,

М.М.Сангов, А.Э.Бердиев, С.С.Гулов

ЛИКВИДУС СИСТЕМЫ Al-Si-YAl₂

Диаграмма фазового равновесия системы Al-Si-Y в области 0-0.333 ат.% иттрия при температуре 770 К, построена О.С.Заречнюком с сотрудниками, выявлено образование следующих тройных соединений – YSi₂Al₂, YSiAl₂, Y₅SiAl₁₄, YSi_{0.9}Al_{1.1}, YSi_{0.6}Al_{1.4} [1]. Показано, что тройные соединения YSi₂Al₂ и Y₅SiAl_{1.5} относятся к структурному типу La₂J₂S и Mg₂Gd соответственно.

Соединение YSi_{1.56} растворяет 0.15 ат.доли Al; до 0.05 ат.доли Al, растворение происходит по типу включения атомов в дефекты исходной структуры, а на изоконцентрате 0.333% иттрия – по типу замещения атомов Si атомами Al. Другие бинарные соединения не обладают заметной растворимостью третьего компонента [2].

Сплавы для построения политермических разрезов получали прямым сплавлением компонентов в среде инертного газа (гелия) под давлением 0.5 МПа на установке ВДТА-8М (конструкции Института металлофизики АН Республики Украины) с использованием корундовых тиглей.

Исследования проводились методами дифференциально-термического анализа ВДТА-8М и микроструктурного анализа на металлографическом микроскопе «Neophot-21» при 100-400-кратном увеличении. Подтверждено наличие следующих двухфазных равновесий в системе Al-YSiAl₂: Al-YSiAl₂, Al-Y₅SiAl₁₄, YSiAl₂-YSi₂Al₂, YAl₂-Y₅SiAl₁₄, YSiAl₂-Y₅SiAl₁₄ и впервые установлено, что температура плавления тройных соединений – YSi₂Al₂, YSiAl₂, Y₅SiAl₁₄, составляет 1300, 1340, 1260°C соответственно.

Координаты псевдодвойных систем приведены в таблице. В результате исследований вышеприведенных политермических разрезов и серии сплавов, расположенных параллельно сторонам систем, была построена проекция поверхности ликвидуса системы Al-Si-YAl₂ в области, богатой алюминием.

Сингулярной триангуляцией система Al-Si-YAl₂ была разбита на следующие частные тройные системы: Al-Si-YSi₂Al₂, Al-YSi₂Al₂-YSiAl₂, Al₂-Y₅SiAl₁₄, Al-Y₅SiAl₁₄-YAl₂, каждая из которых исследовалась отдельно, а затем, посредством их суммирования, строилась общая поверхность ликвидуса (рис.).

Таблица

Характеристики неинвариантных равновесий в системе Al-Si-YAl₂

Неинвариантная точка (рис.)	Равновесие	Содержание, ат.%			Температура равновесия, °C
		Al	Si	Y	
e ₁	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{Si}$	87.5	12.5	–	577
e ₂	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Si} + \text{YSi}_2\text{Al}_2$	10.8	83.8	5.4	950
e ₃	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{YSi}_2\text{Al}_2$	95.7	2.9	1.4	610
e ₄	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{YSi}_2\text{Al}_2 + \text{YSiAl}_2$	40.9	38.6	20.5	880
e ₅	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{YSiAl}_2$	99.2	0.4	0.4	650
e ₆	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{YSiAl}_2 + \text{Y}_5\text{SiAl}_{14}$	44.4	22.9	32.7	900
e ₇	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{Y}_5\text{SiAl}_{14}$	96.2	0.6	3.2	630
e ₈	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Y}_5\text{SiAl}_{14} + \text{YAl}_2$	40.4	7.4	52.2	980
e ₉	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{YAl}_2$	97.0	--	3.0	638
p ₁	$\text{Ж} + \text{YAl}_2 \rightleftharpoons \text{YAl}_3$	76.6	--	23.4	980
E ₁	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{Si} + \text{YSi}_2\text{Al}_2$	65.0	33.7	1.3	550
E ₂	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{YSi}_2\text{Al}_2 + \text{YSiAl}_2$	75.0	15.3	9.7	570
E ₃	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{YSiAl}_2 + \text{Y}_5\text{SiAl}_{14}$	84.0	7.4	8.6	580
E ₄	$\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{Y}_5\text{SiAl}_{14} + \text{YAl}_2$	93.0	1.3	5.7	610
P ₁	$\text{Ж} + \text{YAl}_2 \rightleftharpoons \text{Al} + \text{YAl}_3$	80.7	2.6	16.7	750

Вторичная система Al-Si-YSi₂Al₂ ограничена тремя двойными системами эвтектического типа. Линии моновариантных эвтектических равновесий e₁E₁, e₂E₁, e₃E₁ отвечают эвтектическим равновесиями: $\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{Si}$, $\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{YSi}_2\text{Al}_2$, $\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Si} + \text{YSi}_2\text{Al}_2$ соответственно. Эти три моновариантные эвтектические линии сходятся в моновариантной точке E₁, где наблюдается неинвариантное четырехфазное эвтектическое равновесие $\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{Si} + \text{YSi}_2\text{Al}_2$.

Во вторичной системе Al-YSi₂Al₂-YSiAl₂ располагаются три точки трехфазной эвтектической кристаллизации – e₃, e₄, e₅ и одна точка четырехфазной эвтектической кристаллизации E₂. Линии моновариантных равновесий e₃E₂, e₄E₂, e₅E₂ делят систему на области кристаллизации: алюминий – e₃E₂e₅Al, YSi₂Al₂–e₃E₂e₄, YSiAl₂–e₄E₂e₅. Кристаллизация сплавов данной системы заканчивается при 570°C.

Вторичная система Al-YSiAl₂-Y₅SiAl₁₄ ограничена тремя двойными системами эвтектического типа. В системе расположены три точки трехфазной эвтектической (e₅, e₆, e₇) и одна точка четырехфазной эвтектической (E₃) кристаллизации. Эти точки соединены линиями моновариантных равновесий - e₅E₃, e₆E₃, e₇E₃, которые, в свою очередь, делят систему на три части. Кристаллизация сплавов данной системы заканчивается в точке E₃ при 580°C по реакции $\text{Ж} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{YSiAl}_2 + \text{Y}_5\text{SiAl}_{14}$.

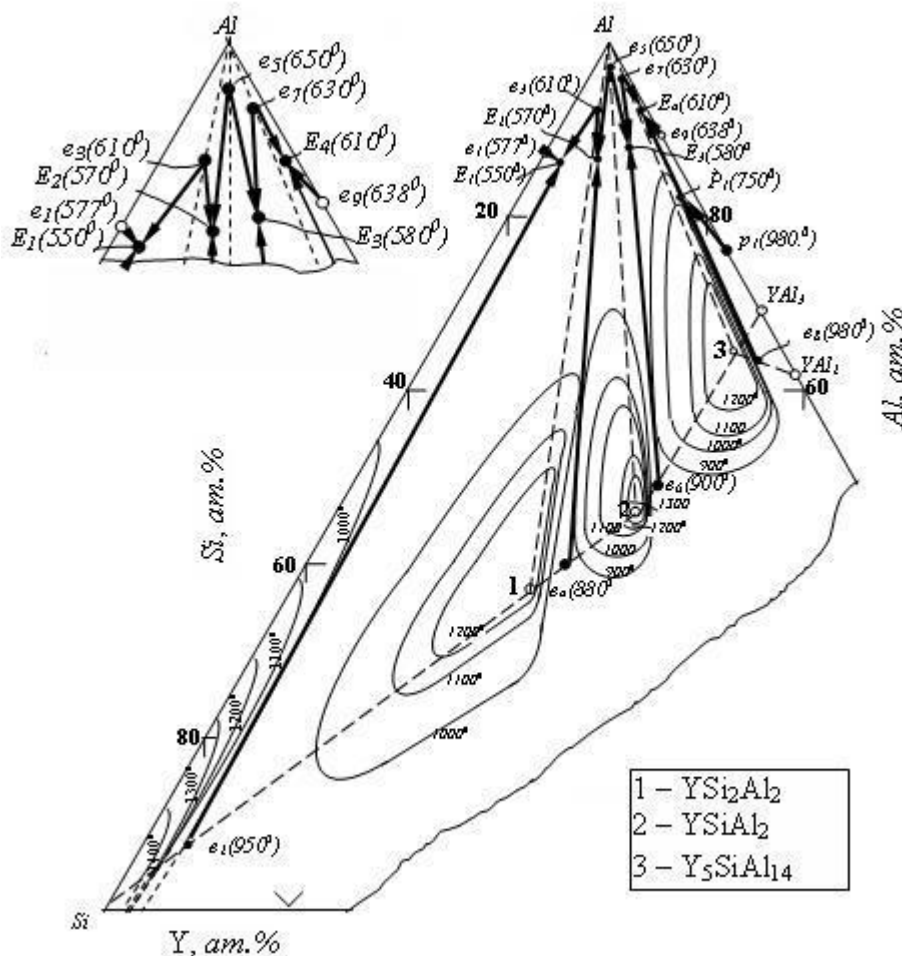


Рис. Проекция поверхности ликвидуса сплавов системы Al-Si-YAl₂.

Вторичная система Al-Y₅SiAl₁₄-YAl₂ ограничена двумя системами эвтектического типа – Al-Y₅SiAl₁₄ и Y₅SiAl₁₄-YAl₂ и системой Al-YAl₂, в которой имеет место кристаллизация инконгруэнтно плавящегося соединения YAl₃. На поверхности ликвидуса данной подсистемы образуются четыре области первичной кристаллизации: алюминий – e₇E₄e₉Al, Y₅SiAl₁₄-e₇E₄e₈, YAl₃-e₉E₄P₁P₁, YAl₂-e₈P₁P₁, которые отделены одна от другой четырьмя эвтектическими (e₇E₄, e₉E₄, e₈P₁, P₁E₄) и одной перитектической (P₁P₁) моновариантными кривыми. Процесс кристаллизации в этой системе завершается в невариантной точке E₄ при 610°.

Проекция поверхности ликвидуса системы Al-Si-YAl₂ в области, богатой алюминием, была установлена с учетом построенных диаграмм состояний квазибинарных разрезов и путем обобщения поверхностей ликвидусов четырех частных подсистем. В алюминиевом углу системы выявлено существование шести полей первичной кристаллизации двойных и тройных интерметаллидов, а также исходных компонентов. На поверхности ликвидуса системы Al-Si-YAl₂ наибольшая доля первичной кристаллизации относится к тройному интер-

металлиду YSi_2Al_2 . В упомянутой области системы обнаружены девять двойных эвтектических точек ($e_1 \div e_9$), четыре нонвариантных четырехфазных эвтектических ($E_1 \div E_4$), а также по одной трехфазной (p_1) и четырехфазной (P_1) перитектической точке. В таблице обобщены координаты нонвариантных трех- и четырехфазных равновесий, имеющих место в тройной системе Al-Si-YAl₂.

Изотермы ликвидуса сплавов, богатых алюминием, передают общий геометрический образ поверхности ликвидуса с образованием трех конгруэнтно плавящихся тройных соединений, отражают области первичной кристаллизации компонентов, линии кристаллизации двойных и точки затвердевания тройных эвтектик и перитектик.

Таджикский технический
университет им. акад. М.С.Осими

Поступило 10.03.2006 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муравьева А.А. Фазовые равновесия и кристаллические структуры соединений в тройных системах алюминия и кремния или германия с редкоземельными металлами Автореф. дис. канд. хим. наук. – Львов, 1972, 23 с.
2. Бодак О.Н., Гладышевский Е.Н. Тройные системы, содержащие редкоземельные металлы. Справочник. – Львов: Вища школа, 1985, 324 с.

И.Н.Ганиев, М.М.Сангов, А.Э.Бердиев, С.С.Гулов

ЛИКВИДУСИ СИСТЕМАИ Al-Si-YAl₂

Натиҷаи омӯзиши ликвидуси системаи Al-Si-YAl₂ оварда шудааст. Муайян карда шудааст, ки қисми зиёди сояи сатҳи ликвидуси системаро майдони кристаллизатсияи интерметаллидҳои YSi_2Al_2 , $YSiAl_2$, Y_5SiAl_{14} , ишғол менамоянд.

I.N.Ganiev, M.M.Sangov, A.E.Berdiev, C.C.Gulov

LIQUIDUS OF THE Al-Si-YAl₂ SYSTEM

Given the outcome of the research of the liquidus Al-Si-YAl₂. It was found out that, the most part of the liquidus system shadow consist of the intermetallumeid YSi_2Al_2 , $YSiAl_2$, Y_5SiAl_{14} , crystallization area.