

УДК 669.011.17

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ Co–Cr–Ni

Г.П. Жмурко, Е.Г. Кабанова, В.Н. Кузнецов, А.В. Леонов

(кафедра общей химии; e-mail: Kabanova@general.chem.msu.ru)

Комплексом методов физико-химического анализа построено изотермическое сечение системы Co–Cr–Ni при температуре 800°C. Изотермическое сечение характеризуется обширной областью γ -твердого раствора на основе кобальта и никеля. Область гомогенности σ -фазы достигает 18 ат. % Ni и направлена к составу Ni₄₀Cr₆₀. Глубина проникновения ϵ -фазы с ГПУ-структурой составляет не более 10 ат. % Ni.

Настоящая работа посвящена исследованию фазовых равновесий и определению области стабильности σ -фазы в тройной системе Co–Cr–Ni при 800°C. Сплавы данной системы используются для создания жаропрочных материалов. Двойные системы, составляющие данную тройную систему, изучены достаточно подробно [1–3]. В отличие от систем Co–Ni и Cr–Ni, в системе Co–Cr помимо твердых растворов на основе компонентов (β -фазы на основе ОЦК-хрома, γ - и ϵ -фаз на основе ГЦК- и ГПУ-кобальта) реализуется промежуточная γ -фаза с широкой областью гомогенности.

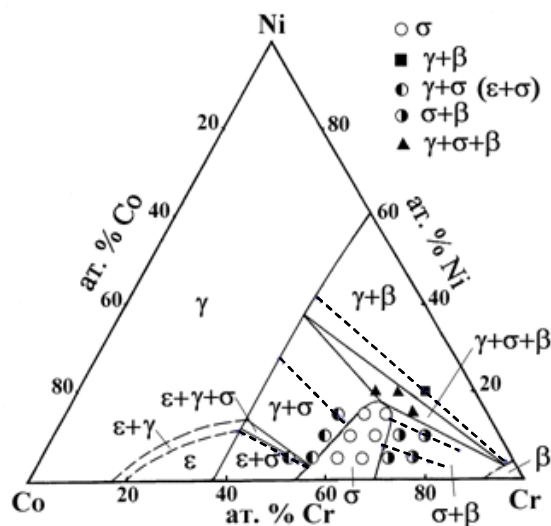
Фазовые равновесия в системе Co–Cr–Ni изучали в работах [4–6]. Изотермические сечения при температуре 1200°C, построенные с помощью методов рентгенофазового анализа и оптической микроскопии [4], а также метода диффузионных пар [5], отличаются друг от друга величиной и формой области гомогенности σ -фазы, а также положением трехфазной области $\gamma+\beta+\sigma$. В работе [6] методом локального рентгеноспектрального анализа при температурах 840, 1000, 1150 и 1200°C были установлены границы σ -фазы с ГЦК-твердым раствором.

В настоящей работе было построено изотермическое сечение системы Co–Cr–Ni при температуре 800°C. Для изучения фазовых равновесий в системе было синтезировано 18 сплавов, составы которых располагались вблизи предполагаемой области гомогенности γ -фазы. Сплавы выплавляли в электродуговой печи в атмосфере очищенного аргона, а затем отжигали при температуре 800°C в течение 1200 ч с последующей закалкой в холодную воду.

Фазовый состав полученных образцов определяли методом рентгенофазового анализа, который проводили на дифрактометре “ДРОН-4” на монохроматизированном излучении CoK_α. Расшифровка и интерпретация полученных рентгенограмм проводились с помощью пакета программ STOE. Микроструктуру спла-

вов изучали на микроскопе “Versamet-2” при увеличении 150–600 раз. Составы, находящиеся в равновесии фаз определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа “JSM-820” (“JEOL”) с энергодисперсионной приставкой “AN 10/85S” (“LINK”).

Результаты проведенных исследований позволили построить изотермическое сечение системы Co–Cr–Ni при 800°C (рисунок). В таблице представлены составы находящихся в равновесии фаз. Изотермическое сечение характеризуется обширной областью γ -твердого раствора на основе кобальта и никеля. Со стороны системы Co–Cr в тройную систему проникают две фазы: гексагональная плотноупакованная ϵ и σ -фаза. Область гомогенности σ -фазы простирается до 18 ат. % Ni и направлена к составу Ni₄₀Cr₆₀, который соответствует метастабильной σ -фазе системы Ni–Cr [3]. Глубина проникновения ϵ -фазы составляет не более 10 ат. % Ni.



Изотермическое сечение системы Co–Cr–Ni при температуре 800°C. Коротким пунктиром показаны определенные в настоящей работе коноды

Результаты микрорентгеноспектрального анализа сплавов системы Co–Cr–Ni

Номер образца	Состав сплавов по шихте, ат. %			Состав фаз, ат. %			Фаза
	Ni	Co	Cr	Ni	Co	Cr	
1	5	45	50	4,9	42,7	52,4	σ
				7,5	54,5	38,0	ГПУ
10	10	15	75	15,0	20,2	64,8	σ
11	5	20	75	7,0	25,6	67,4	σ
17	20	70	10	42,3	19,8	37,9	ГЦК
				3,2	2,1	94,7	ОЦК
18	15	30	55	28,1	35,4	36,5	ГЦК
				12,9	29,3	57,8	σ

Положение трехфазной области $\gamma+\beta+\sigma$ на изотермическом сечении установлено по направлению конод двухфазных областей $\gamma+\sigma$, $\beta+\sigma$ и $\gamma+\beta$ и соотношению интенсивностей реперных линий на рентгенограммах трехфазных образцов, а положение треугольника $\epsilon+\gamma+\sigma$ – по рентгенофазовому анализу образцов состава $\text{Co}_{45}\text{Cr}_{50}\text{Ni}_5$ и $\text{Co}_{50}\text{Cr}_{45}\text{Ni}_5$. В сплаве $\text{Co}_{45}\text{Cr}_{50}\text{Ni}_5$ присутствуют фазы с ГПУ- и σ -структурой, а в образце $\text{Co}_{50}\text{Cr}_{45}\text{Ni}_5$ – с ГЦК- и σ -структурой. Составы этих двух образцов лежат очень

близко друг к другу, поэтому возможное положение треугольника, соответствующего равновесию $\epsilon+\gamma+\sigma$, ограничено очень узким интервалом концентраций. Твердый раствор на основе хрома, согласно литературным данным по двойным системам Co–Cr и Cr–Ni [1, 3], имеет очень незначительную область гомогенности. Положение границ двухфазной области $\gamma+\sigma$, определенное в настоящем исследовании, находится в хорошем согласии с данными работы [6] для 840°C.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ishida K., Nishizawa T.* // Bull. of Alloy Phase Diagrams. 1990. **11**. P. 357.
2. *Massalski T.B.* // Binary alloy phase diagrams. Ohio: American Society for Metals, Metal Park. 1986.
3. *Nash P.* // Bull. of Alloy Phase Diagrams. 1986. **7**. P. 465.
4. *Rideout S.P., Manley W.D., Kamen E.L., et al.* // Trans. AIME. 1951. **191**. P. 872.
5. *Zhanpeng J.* // Scand. J. Met. 1981. **10**. P. 279.
6. *Morizot C., Vignes A.* // Mem. Sci. Rev. met. 1973. **70**. P. 857.

Поступила в редакцию 07.05.07

PHASE EQUILIBRIA IN THE Co–Cr–Ni SYSTEM

G.P. Zhmurko, E.G. Kabanova, V.N. Kuznetsov, A.V. Leonov

(Division of General Chemistry)

The isothermal section of the Co–Cr–Ni system at 800°C is plotted using metallography, XRD and EPMA. That is characterized by wide field of cobalt and nickel based γ solid solution. The homogeneity region of the σ phase is as much as 18 at.% Ni and is directed to $\text{Ni}_{40}\text{Cr}_{60}$ composition. The penetration depth of the hcp ϵ phase does not exceed 10 at.% Ni.