

Анализ приведенных данных показал, что при переплаве шихтовой заготовки достигается достаточно высокая стабильность механических свойств стали. Механические свойства стали, выплавленной по двум вариантам, практически одинаковые и выше, чем регламентированные ТУ.

Результаты исследования микроструктуры образцов в литом состоянии показали, что в плавках как с использованием шихтовой заготовки, так и по существующей технологии структура состоит из мартенсита и небольшого количества δ -феррита, при этом в плавках стали из шихтовой заготовки δ -феррита меньше (рис. 1. а, б). Существенной разницы в структуре стали, выплавленной по двум технологиям, не обнаружено.

Исследования образцов в термообработанном состоянии показали, что микроструктура состоит из мартенсита (рис. 2, а, б). По границам зерен наблюдается разорванная карбидная сетка. Существенной разницы в структуре стали, выплавленной по двум вариантам, в термообработанном состоянии не обнаружено.

Таким образом, технология выплавки стали в открытой индукционной печи с использованием шихтовой заготовки плазменно-индукционного переплава отходов обеспечивает необходимые физико-химические и механические свойства отливок.



Список литературы

1. Костяков В. Н. Плазменно-индукционная плавка. – Киев: Наук. думка, 1991. – 208 с.
2. Григоренко Г. М., Памарин Ю. М. Водород и азот в металле при плазменной плавке. – Киев: Наук. думка, 1989. – 200 с.

Поступила 02.07.2012

УДК 669-154:541.123.2:541.8

В. В. Христенко, М. А. Руденко, О. В. Ушкалова*

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

*Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

ОБ ОГРАНИЧЕННОЙ ВЗАИМНОЙ РАСТВОРИМОСТИ КОМПОНЕНТОВ В РАСПЛАВАХ БИНАРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОНОТЕКТИЧЕСКОГО ТИПА

Рассмотрены причины ограниченной взаимной растворимости компонентов расплавов бинарных металлических систем монотектического типа. Ограниченную взаимную растворимость можно объяснить различием строений наружных электронных оболочек ионов компонентов, а также значительным различием металлических диаметров атомов.

Ключевые слова: монотектическая система, расплав, ион, наружная электронная оболочка.

Розглянуто причини обмеженої взаємної розчинності компонентів розплавів бінарних металевих систем монотектичного типу. Обмежену взаємну розчинність можна пояснити

відмінністю будов зовнішніх електронних оболонок іонів компонентів, а також значною відмінністю металевих діаметрів атомів.

Ключові слова: монотектична система, розплав, іон, зовнішня електронна оболонка.

The reasons of binary metall monotectic type systems melts components restricted mutual solubility has been discussed. One can be explained by components ions outer electron shells. Structures differences are not significant differences of atom metal sizes.

Keywords: monotectic system, melt, ion, outer electron shells.

Применение металлических систем монотектического типа позволяет создавать сплавы с улучшенными показателями технологических и служебных свойств. Необходимым элементом процесса получения таких сплавов является эмульгирование расплава, пребывающего в двухфазном состоянии [1]. Наличие включений «медистой» фазы, являющихся препятствиями для роста первичных карбидов, например, способствует измельчению карбидной составляющей в структуре износостойких хромистых чугунов. В результате существенно улучшается обрабатываемость резанием [2]. Также возможно создание сплавов, в которых включения упрочняющей фазы формируются непосредственно в расплаве. Такие материалы, в принципе, способны сохранять показатели механических свойств вплоть до температуры плавления основы [3]. Вместе с тем, осознанный выбор составляющих указанных сплавов возможен только с учетом причин ограниченной взаимной растворимости компонентов расплавов металлических систем монотектического типа.

В соответствии с принципом единства конденсированного состояния вещества [4] можно утверждать о подобии характеров взаимодействия между атомами металлов в жидком и твердом состояниях. Поэтому закономерности образования тех или иных металлических структур в твердом состоянии, характеризующихся типом кристаллической решетки, можно распространить на металлические расплавы, строение областей локального порядка которых описывается соответствующим координационным числом (таблица). Следует отметить, что плавление кристаллических веществ сопровождается увеличением количества вакансий. В результате величина экспериментально определяемого координационного числа для расплава несколько отличается от соответствующей характеристики кристалла [5].

Возможность образования твердых металлических растворов определяется следующими факторами [4, 5]:

- Способностью атомов растворяющегося элемента переходить в металлическое состояние (ионизироваться до металлического состояния в результате коллективизации валентных электронов в решетке металла-растворителя). Некоторые неметаллические элементы не растворяются в металлах из-за слишком больших значений потенциалов ионизации и недостаточной ионизирующей способности растворителя. Например, углерод практически не растворяется в меди [6].

- Благоприятным соотношением металлических диаметров атомов компонентов. Численно указанное соотношение определяется величиной [7]

$$SF = \frac{d_A - d_B}{d_A + d_B} \cdot 200\%, \quad (1)$$

где d_A и d_B – металлические диаметры атомов компонентов.

При различии, не превышающем 15 %, возможно образование непрерывного ряда твердых растворов [5, 8]. Если металлический диаметр атомов не превышает $0,41 d$, они могут образовывать растворы внедрения, размещаясь в октаэдрических порах ГЦК решетки растворителя. Кроме того, малые ионы могут размещаться в октаэдрических или тетраэдрических пустотах ОЦК решетки, если их диаметр не превышает $0,154$ и $0,291 d$ соответственно [9].

Характеристики бинарных металлческих систем монотектического типа

Система	Характеристики компонентов систем в жидком состоянии											Величина SF, %
	компонент А					компонент В						
	элемент	конфигурация наружных электронных оболочек иона	ионизированное состояние [9]	металлический диаметр, Å [11]	координационное число [11]	элемент	конфигурация наружных электронных оболочек иона	ионизированное состояние [9]	металлический диаметр, Å [11]	координационное число [11]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Li-Mn	Li	1s ²	Li ¹⁺	3,24	9	Mn	3p ⁶ 3d ⁶	Mn ¹⁺	2,67	8	19	
Li-Na	Li	1s ²	Li ¹⁺	3,24	9	Na	2s ² 2p ⁶	Na ¹⁺	3,83	8-9	17	
Li-Ni	Li	1s ²	Li ¹⁺	3,24	9	Ni	3p ⁶ 3d ⁸	Ni ²⁺	2,60	12	22	
K-Mg	K	3s ² 3p ⁶	K ¹⁺	4,64	8	Mg	2p ⁶ 3s ¹	Mg ¹⁺	3,20	12	37	
Cu-Mo	Cu	3p ⁶ 3d ¹⁰	Cu ¹⁺	2,56	12	Mo	4s ² 4p ⁶	Mo ⁶⁺	2,82	8	10	
Cu-Nb	Cu	3p ⁶ 3d ¹⁰	Cu ¹⁺	2,56	12	Nb	4s ² 4p ⁶	Nb ⁵⁺	2,90	8	12	
Cu-V	Cu	3p ⁶ 3d ¹⁰	Cu ¹⁺	2,56	12	V	3s ² 3p ⁶	V ⁵⁺	2,63	8	3	
Cu-Na	Cu	3p ⁶ 3d ¹⁰	Cu ¹⁺	2,56	12	Na	2s ² 2p ⁶	Na ¹⁺	3,83	8-9	40	
Ag-Co	Ag	4p ⁶ 4d ¹⁰	Ag ¹⁺	2,89	12	Co	3p ⁶ 3d ⁶	Co ³⁺	2,60	12	11	
Ag-Fe	Ag	4p ⁶ 4d ¹⁰	Ag ¹⁺	2,89	12	Fe	3p ⁶ 3d ⁶	Fe ²⁺	2,60	8	11	
Ag-Mn	Ag	4p ⁶ 4d ¹⁰	Ag ¹⁺	2,89	12	Mn	3p ⁶ 3d ⁵	Mn ²⁺	2,67	8	8	
Ag-Ni	Ag	4p ⁶ 4d ¹⁰	Ag ¹⁺	2,89	12	Ni	3p ⁶ 3d ⁸	Ni ²⁺	2,60	12	11	
Ag-Rh	Ag	4p ⁶ 4d ¹⁰	Ag ¹⁺	2,89	12	Rh	4p ⁶ 4d ⁶	Rh ³⁺	2,71	12	6	
Ag-Cr	Ag	4p ⁶ 4d ¹⁰	Ag ¹⁺	2,89	12	Cr	3s ² 3p ⁶	Cr ⁶⁺	2,51	8	14	
Cs-Mg	Cs	5p ⁶	Cs ¹⁺	5,31	8	Mg	2p ⁶ 3s ¹	Mg ¹⁺	3,2	12	50	
Au-Rh	Au	5p ⁶ 5d ¹⁰	Au ¹⁺	2,86	11	Rh	4p ⁶ 4d ⁶	Rh ³⁺	2,71	12	5	
Au-Ru	Au	5p ⁶ 5d ¹⁰	Au ¹⁺	2,86	11	Ru	4p ⁶ 4d ⁴	Ru ⁴⁺	2,72	12	5	

продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mg-Na	Mg	2p ⁶ 3s ¹	Mg ¹⁺	3,2	12	Na	2s ² 2p ⁶	Na ¹⁺	3,83	8-9	18
Mg-Rb	Mg	2p ⁶ 3s ¹	Mg ¹⁺	3,2	12	Rb	4s ² 4p ⁶	Rb ¹⁺	4,97	8-9	43
Ca-Na	Ca	3s ² 3p ⁶	Ca ²⁺	3,9	8	Na	2s ² 2p ⁶	Na ¹⁺	3,83	8-9	2
Ca-Y	Ca	3s ² 3p ⁶	Ca ²⁺	3,9	8	Y	4s ² 4p ⁶	Y ³⁺	3,65	8	7
Cd-Ga	Cd	4p ⁶ 4d ¹⁰	Cd ²⁺	3,06	8	Ga	3d ¹⁰ 4s ²	Ga ¹⁺	2,77	11	10
Ba-Ni	Ba	5s ² 5p ⁶	Ba ²⁺	4,4	8	Ni	3p ⁶ 3d ⁸	Ni ²⁺	2,60	12	51
Al-Cd	Al	2p ⁶ 3s ²	Al ¹⁺	2,96	11	Cd	4p ⁶ 4d ¹⁰	Cd ²⁺	3,06	8,3	3
Al-In	Al	2p ⁶ 3s ²	Al ¹⁺	2,96	11	In	4p ⁶ 4d ¹⁰	In ³⁺	3,30	10,7	11
Al-Pb	Al	2p ⁶ 3s ²	Al ¹⁺	2,96	11	Pb	5d ¹⁰ 6s ²	Pb ²⁺	3,40	11-11,4	14
Al-Tl	Al	2p ⁶ 3s ²	Al ¹⁺	2,96	11	Tl	5p ⁶ 5d ¹⁰	Tl ³⁺	3,30	8	11
Al-K	Al	2p ⁶ 3s ²	Al ¹⁺	2,96	11	K	3s ² 3p ⁶	K ¹⁺	4,64	8	44
Al-Na	Al	2p ⁶ 3s ²	Al ¹⁺	2,96	11	Na	2s ² 2p ⁶	Na ¹⁺	3,83	8-9	26
Ga-Hg	Ga	3d ¹⁰ 4s ²	Ga ¹⁺	2,77	11	Hg	5p ⁶ 5d ¹⁰	Hg ²⁺	3,03	12	9
Ga-Pb	Ga	3d ¹⁰ 4s ²	Ga ¹⁺	2,77	11	Pb	5d ¹⁰ 6s ²	Pb ²⁺	3,40	11-11,4	20
Ga-Tl	Ga	3d ¹⁰ 4s ²	Ga ¹⁺	2,77	11	Tl	5d ¹⁰	Tl ³⁺	3,30	8	17
In-V	In	4p ⁶ 4d ¹⁰	In ³⁺	3,30	10	V	3s ² 3p ⁶	V ⁵⁺	2,63	8	23
Tl-Zn	Tl	5p ⁶ 5d ¹⁰	Tl ³⁺	3,30	8	Zn	3p ⁶ 3d ¹⁰	Zn ²⁺	2,94	10,8	12
Nb-Tl	Nb	4s ² 4p ⁶	Nb ⁵⁺	2,90	8	Tl	5p ⁶ 5d ¹⁰	Tl ³⁺	3,30	8	13
Nb-Y	Nb	4s ² 4p ⁶	Nb ⁵⁺	2,90	8	Y	4s ² 4p ⁶	Y ³⁺	3,65	8	23
Cr-Cu	Cr	3s ² 3p ⁶	Cr ⁶⁺	2,51	8	Cu	3p ³ 3d ¹⁰	Cu ¹⁺	2,56	12	2
Cr-Pb	Cr	3s ² 3p ⁶	Cr ⁶⁺	2,51	8	Pb	5d ¹⁰ 6s ²	Pb ²⁺	3,40	11-11,4	30

продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mn-Tl	Mn	3p ⁶ 3d ⁵	Mn ²⁺	2,67	8	Tl	5p ⁶ 5d ¹⁰	Tl ³⁺	3,30	8	21
Fe-In	Fe	3p ⁶ 3d ⁶	Fe ²⁺	2,60	8	In	4p ⁶ 4d ¹⁰	In ³⁺	3,30	10	24
Cs-Li	Cs	5s ² 5p ⁶	Cs ¹⁺	5,31	8	Li	1s ²	Li ¹⁺	3,24	9,8	48
Li-Rb	Li	1s ²	Li ¹⁺	3,24	9,8	Rb	4s ² 4p ⁶	Rb ¹⁺	4,97	8	42
Pb-Cu	Pb	5d ¹⁰ 6s ²	Pb ²⁺	3,40	11-11,4	Cu	3p ⁶ 3d ¹⁰	Cu ¹⁺	2,56	12	28
Mn-Ca	Mn	3p ⁶ 3d ⁵	Mn ²⁺	2,67	8	Ca	3s ² 3p ⁶	Ca ²⁺	3,9	8	37
Mn-Ba	Mn	3p ⁶ 3d ⁵	Mn ²⁺	2,67	8	Ba	5s ² 5p ⁶	Ba ²⁺	4,4	8	49
V-Y	V	3s ² 3p ⁶	V ⁵⁺	2,63	8	Y	4s ² 4p ⁶	Y ³⁺	3,65	8	32
Cr-Y	Cr	3d ⁵ 4s ¹	Cr ⁶⁺	2,51	8	Y	4s ² 4p ⁶	Y ³⁺	3,65	8	37
Mn-Sr	Mn	3p ⁶ 3d ⁵	Mn ²⁺	2,67	8	Sr	4s ² 4p ⁶	Sr ²⁺	4,3	8	47
Pb-Ni	Pb	5d ¹⁰ 6s ²	Pb ²⁺	3,40	11-11,4	Ni	3p ⁶ 3d ⁸	Ni ²⁺	2,60	12	27
Pb-Co	Pb	5d ¹⁰ 6s ²	Pb ²⁺	3,40	11-11,4	Co	3p ⁶ 3d ⁶	Co ²⁺	2,60	12	27
Pb-Zn	Pb	5d ¹⁰ 6s ²	Pb ²⁺	3,40	11-11,4	Zn	3p ⁶ 3d ¹⁰	Zn ²⁺	2,94	10,8	15

Примечание: – системы, в которых ограниченная растворимость элементов объясняется большой величиной SF;

– системы, в которых ограниченная взаимная растворимость элементов объясняется одновременным влиянием различия в строении наружных электронных оболочек ионов компонентов и большой величиной SF

• Подобием строений наружных электронных оболочек ионов компонентов. Ионы с r^6 , d^6 и $d^{10} = d^{4+6}$ внешними электронными оболочками при перекрывании орбиталей упаковываются в ОЦК решетку. Ионы с наружными s-оболочками и неперекрывающимися оболочками упаковываются плотнейшим образом (в ГЦК решетку или плотную гексагональную структуру) [10]. Следует подчеркнуть, что при образовании растворов важны не электронные строения ионов чистых компонентов, а строение наружных электронных оболочек, которое приобретут атомы растворяющегося элемента в результате ионизации в решетке растворителя [9].

Проверку применимости указанных факторов для объяснения причин ограниченной взаимной растворимости компонентов металлических расплавов производили путем анализа (с указанных позиций) известных бинарных металлических систем монотектического типа (таблица).

Установили, что ограниченную взаимную растворимость в большинстве случаев можно объяснить различающимися строениями наружных электронных оболочек ионов компонентов. Например, единственно возможной устойчивой степенью ионизации атомов щелочных металлов является $1+$ (в результате коллективизации валентных электронов атом теряет один электрон). Поэтому в системе Li-Na $1s^2$ сферически-симметричные внешние электронные оболочки ионов Li^{1+} не могут образовывать устойчивые связи с $2p^6$ внешними гантелеобразными, вытянутыми по трем ортогональным осям электронными оболочками ионов Na^{1+} . В результате расплавы системы Li-Na существуют в виде двух жидких фаз: фазы на основе натрия, в которой строение областей локального порядка характеризуется координационным числом 8, и фазы на основе лития с областями локального порядка, строение которых описывается координационным числом 12.

Имеется ряд систем монотектического типа с подобными строениями наружных электронных оболочек ионов компонентов. Однако они характеризуются большими значениями SF (таблица), ограниченная растворимость в расплавах при этом объясняется неблагоприятным соотношением металлических диаметров атомов. Установили, что значение SF в таких системах превышает 24 %.

Стоит также обратить внимание на тот факт, что во многих случаях ограниченная взаимная растворимость компонентов расплавов металлических систем монотектического типа объясняется совместным действием размерного фактора и различающимися строениями наружных электронных оболочек ионов компонентов (таблица).

По результатам анализа можно заключить, что в 41 из 52 рассмотренных металлических систем монотектического типа ограниченная взаимная растворимость в жидком состоянии объясняется различающимися строениями наружных электронных оболочек ионов компонентов. Необходимо отметить, что в 9 из этой 41 системы наряду с различными строениями наружных электронных оболочек ионов наблюдается и значительное различие атомных диаметров. Наличие области двухфазного состояния расплавов на диаграммах состояния в 11-ти системах объясняется исключительно действием размерного фактора. Установлено, что граничным значением размерного фактора, когда еще возможно существование расплавов в однофазном состоянии, можно считать величину 24 %.



Список литературы

1. Кириевский Б. А., Христенко В. В. Дисперсноупрочненные сплавы на основе меди со структурой типа «замороженной» эмульсии, технология производства литых электродов // Процессы литья. – 2007. – № 1-2. – С. 93-100.
2. Попов В. С., Нагорный П. Л. Влияние карбидов на абразивную износостойкость сплавов // Литейн. пр-во. – 1969. – № 8. – С. 27-29.

Получение и обработка расплавов

3. Кириевский Б. А., Руденко М. А., Христенко В. В. Влияние состава упрочняющей добавки на растворимость хрома и железа в медной фазе монотектических расплавов Cu-(Fe-Cr-C) // Процессы литья. – 2010. – № 6. – С. 53-58.
4. Самсонов В. Г., Прядко И. Ф., Прядко Л. Ф. Конфигурационная модель вещества. – Киев: Наук. думка, 1971. – 230 с.
5. Григорович В. К. Влияние электронного строения легирующих элементов на образование металлических растворов // Теоретические и экспериментальные методы исследования диаграмм состояния металлических систем. – М.: Наука, 1969. – С. 7-24.
6. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник / Под ред. Н. П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996.
7. Вилсон Д. Р. Структура жидких металлов и сплавов: Пер. с англ. – М.: Metallurgia, 1972. – 247 с.
8. Юм-Розери В. Электроны и металлы: Пер. с англ. – М.: Metallurgia, 1950. – 364 с.
9. Григорович В. К. Периодический закон Менделеева и электронное строение металлов. – М.: Наука, 1966.
10. Григорович В. К. Структура жидких металлов в связи с их электронным строением // Изв. АН СССР. ОТН. Metallurgia и топливо. – 1960. – № 6. – С. 93-109.
11. Свойства элементов. Физические свойства: Справочник / Под ред. Г. В. Самсонова. – М.: Metallurgia, 1976. – Ч. 1. – 600 с.

Поступила 23.04.2012

УДК 621.74: 669.714

В. В. Ласковец, К. Ю. Гзовский, В. П. Гаврилюк

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

МИКРОЛЕГИРОВАНИЕ СПЛАВА AlCu_{6,8} ТИТАНОМ

Рассмотрен механизм влияния титана на упорядочение атомов в расплаве, процесс кристаллизации и структура сплава AlCu_{6,8}. Предложена формула для расчета оптимального содержания титана в сплавах.

Ключевые слова: сплавы AlCu, кристаллизация, структура, титан.

Розглянуто механізм впливу титану на упорядкування атомів в розплаві, процес кристалізації та структуру. Запропоновано формулу для розрахунку оптимального вмісту титану в сплавах.

Ключові слова: сплави AlCu, кристалізація, структура, титан.

The mechanism of influence of the titan on self-organization in alloy melt, crystallization process and structure of alloys is considered. The formula for calculation of the optimum maintenance of the titan in alloys is offered.

Keywords: alloys AlCu, crystallization, structure, the titan.