

Ю. М. Романенко, О. А. Пелікан, В. М. Олійник, І. О. Шинський, В. В. Ширяєв
Закономірності розподілу температур у потоках розплавів сталі та чавуну при отриманні біметалевих виливків

Представлені результати чисельного моделювання розподілу температур в потоках розплавів сталі та чавуну, що рухаються горизонтально або вертикально при отриманні біметалевих виливків. Встановлено аналітичні залежності між температурою заливання розплавів, швидкістю їх руху і максимальною відстанню, яку може подолати потік до початку його кристалізації. Вивчено вплив затверділої сталевої основи на розподіл температур у вертикальному потоці чавуну. Результати роботи використані при визначенні оптимальних параметрів заливання біметалевих робочих органів дробильно-розмельювального обладнання.

УДК 669.017:539.3

М. А. Шумилов (ПГТУ)

Особенности свойств химических элементов, неограниченно растворяющихся в гамма-железе

В двойных диаграммах с гамма-железом химические элементы никель, марганец, кобальт, платина, палладий, родий, иридий образуют неограниченную взаимную растворимость [1, 2, 3]. Принято считать [3], что условиями неограниченной взаимной растворимости в твердом состоянии двух химических элементов являются изоморфизм, малое различие размеров атомов и близость их физико-химических свойств.

Из результатов работы [4] следует, что неограниченная растворимость металлов в железе возможна, если их электроотрицательность (I) попадает в интервал 1,63-2,54 усл. ед. Для элементов всей таблицы Менделеева I (по Полингу) находится в пределах 0,79-3,98 усл. ед. [5].

Влияние атомов химических элементов на протяженность альфа- и гамма-областей железа связано [6] с результатами перекрытия d - и p -электронных гантелеобразных облаков ионов растворенных атомов элементов и d -облаков железа.

Представляет интерес дальнейшее углубление понимания природы влияния второго химического элемента на протяженность области гамма-железа. Все названные выше химические элементы, образующие неограниченный твердый раствор на основе гамма-железа, являются d -переходными металлами. Они относятся к VIII группе таблицы Менделеева. Только один из них (марганец) принадлежит к VII группе. Заполнение d -электронных конфигураций у них находится в пределах d^5-d^{10} [5].

Широко применяемые в легировании сталей переходные металлы (титан, ванадий, хром, молиб-

Показано, что к известным условиям образования неограниченной растворимости химических элементов в двойных системах на основе гамма-железа целесообразно сделать следующие дополнения. Вторым компонентом должен относиться к переходным металлам, иметь заполнение d -электронных оболочек d^5-d^{10} и высокую плотность электронов на поверхности Ферми. Разность электроотрицательностей атомов растворенного химического элемента и железа не должна превышать 0,45 усл. ед.

ден, вольфрам) имеют заполнение d -электронных конфигураций в пределах d^2-d^5 [5]. Они имеют с гамма-железом ограниченную растворимость. Наиболее высокой стабильностью обладают атомы с электронными конфигурациями d^0, d^5, d^{10} [7].

Склонность химических элементов к расширению области гамма-железа связана с их влиянием на силы межатомных связей в твердом растворе. d -электронные конфигурации в значительной мере контролируют силы взаимодействия ионов в кристалле [6, 7]. С этим, вероятно, связано то, что только химические элементы с d -электронными конфигурациями, попадающими в интервал d^5-d^{10} , неограниченно расширяют область гамма-железа.

Химические элементы медь и цинк, образующие также с железом твердый раствор замещения, ограниченно расширяют область гамма-железа. Они относятся к I В и II В группам таблицы Менделеева. d -электронная оболочка у них полностью заполнена (d^{10}).

Все металлы, кроме меди и цинка, внесенные в таблицу, являются ферро- или парамагнетиками. Они неограниченно расширяют область гамма-железа. Медь и цинк относятся к диамагнетикам, они расширяют область гамма-железа ограниченно. Это лишним раз указывает на существенную роль электронного строения металлов, их склонность к расширению области гамма-железа.

Таблица
Свойства легирующих химических элементов

| Химические элементы | Подвалентные электроны | $\Delta I,^*$ усл. ед. | $\gamma \cdot 10^4,$ Дж/(моль·К ²) | $\alpha \cdot 10^6,$ Дж/(моль·К ²) | Группа таблицы Менделеева |
|---------------------|------------------------|---------------------------|---|---|---------------------------------|
| Mn | 3d ⁵ | 0,28 | 96,60 | 533,0 | VII |
| Fe | 3d ⁶ | 0 | 52,50 | – | VIII |
| Co | 3d ⁷ | -0,05 | 49,56 | – | VIII |
| Ni | 3d ⁸ | -0,08 | 73,92 | – | VIII |
| Rh | 4d ⁸ | -0,45 | 51,66 | 155,7 | VIII |
| Pd | 4d ¹⁰ | -0,37 | 99,12 | 797,6 | VIII |
| Ir | 5d ⁹ | -0,37 | 40,11 | 51,0 | VIII |
| Pt | 5d ⁹ | -0,45 | 71,40 | 261,2 | VIII |
| Cu | 3d ¹⁰ | -0,07 | 7,31 | -9,5 | I B |
| Zn | 3d ¹⁰ | 0,12 | 6,72 | -15,6 | II B |
| C | 2S ² | -0,72 | – | – | IV B |
| N | 2S ² | -1,21 | – | – | V B |

*Примечание: $\Delta I = I_{Fe} - I_{Me}$

Легирующие металлы (таблица), неограниченно расширяющие область гамма-железа, имеют в кристалле высокую плотность электронов на поверхности Ферми. У меди и цинка она является сравнительно низкой. О ее величине можно судить по температурному коэффициенту электронной теплоемкости (γ) и магнитной восприимчивости (α). Обе эти характеристики являются пропорциональными плотности электронов на поверхности Ферми [8]. У всех переходных металлов, включенных в таблицу, γ находится в пределах $(40-99) \cdot 10^{-4}$ Дж/(моль·К²), а у меди и цинка его значение около $7 \cdot 10^{-4}$ Дж/(моль·К²), α у меди и цинка также значительно меньше, чем у других переходных металлов, помещенных в таблицу. У распространенных легирующих сталей металлов (титан, хром, ванадий, молибден) величина γ не превышает $36 \cdot 10^{-4}$ Дж/(моль·К²). У атомов этих металлов d -электронная оболочка имеет ≤ 5

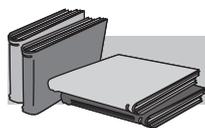
электронов. Все они имеют ограниченную растворимость в гамма-железе.

Склонность образования второй фазы, ограничивающей область твердого раствора, будет тем больше, чем больше разность электроотрицательностей ΔI его компонентов (атомов железа и растворенного химического элемента). В случае химических элементов, неограниченно расширяющих область гамма-железа, величина ΔI меньше 0,45 усл. ед. (таблица).

Углерод и азот имеют малые размеры атомов. При введении в твердом растворе в железо они сильно искажают его кристаллическую решетку и ограниченно расширяют область гамма-железа. ΔI в случае атомов углерода и азота в железе больше 0,45 и составляет для них 0,72 и 1,21 усл. ед. соответственно (таблица). Медь и цинк имеют относительно низкую плотность электронов на поверхности Ферми (таблица) и также ограниченно расширяют область гамма-железа.

Выводы

Из изложенного выше следует, что кроме известных условий, необходимых для обеспечения неограниченной растворимости химических элементов в двойных системах, применительно к сплавам на основе гамма-железа можно сделать дополнения. Такие химические элементы должны относиться к переходным металлам, иметь заполнение d -электронных оболочек d^5-d^{10} и высокую плотность электронов на поверхности Ферми. ΔI химических элементов, растворяемых в железе, по отношению к атомам железа не должна превышать 0,45 усл. ед.



ЛИТЕРАТУРА

1. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Справочник / О. А. Банных, П. Б. Бодберг, С. П. Алисова и др. – М.: Металлургия, 1986. – 440 с.
2. Меськин В. С. Основы легирования стали. – М.: Металлургия, 1964. – 684 с.
3. Гольдштейн М. И., Грачев С. В., Векслер Ю. Г. Специальные стали. – М.: МИСИС, 1999. – 408 с.
4. Шумилов М. А. Об условиях неограниченной взаимной растворимости металлов в твердом состоянии / Изв. вузов. Чер. металлургия. – 2001. – № 10. – С. 19-21.
5. Куликов И. С. Изотопы и свойства элементов: Справочник. – М.: Металлургия, 1990. – 120 с.
6. Григорович В. К. Электронное строение и термодинамика сплавов железа. – М.: Наука, 1970. – 392 с.
7. Самсонов Г. В., Прядко И. Ф., Прядко А. Ф. Электронная локализация в твердом теле. – М.: Наука, 1976. – 339 с.
8. Лившиц Б. Г., Крапошин В. С., Линецкий Я. Л. Физические свойства металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.

Summary

M. Shumilov

Features of the properties of chemical elements, infinitely soluble in gamma-iron

It is shown that the known conditions for the formation of unlimited solubility of the chemical elements in binary systems based on gamma-iron advisable to make the following additions. The second component should refer to the transition metals, have filled d -electron shells of the d^6-d^{10} and the high density of electrons at the Fermi surface. The difference in electronegativities of the atoms of the dissolved chemical elements and iron should not exceed 0,45 conv. units.

Анотація

М. А. Шумілов

Особливості властивостей хімічних елементів, які необмежено розчиняються в гама-залізі

Показано, що до відомих умов утворення необмеженої розчинності хімічних елементів у подвійних системах на основі гама-заліза доцільно зробити наступні доповнення. Другий компонент повинен відноситись до перехідних металів, мати заповнення d -електронних оболонок d^6-d^{10} та високу щільність електронів на поверхні Фермі. Відмінність електронегативностей атомів розчиненого хімічного елемента та заліза не повинна перебільшувати 0,45 ум. од.

Ключевые слова

Гамма-железо, растворимость, d - и p -электронные конфигурации, поверхность Ферми, изоморфизм, электроотрицательность, гантелеобразные облака

УДК 621.771.07.001.52

А. В. Васекин (ПГТУ)

Модели формоизменения концов толстых широких раскатов в плане при прокатке в системе горизонтальных и вертикальных валков

В настоящее время клетки с вертикальными валками используются на различных типах станов горячей листовой прокатки, причем назначение таких клеток и технология их использования зависит от типа стана и сортамента продукции. Величина обжатия в них оказывает существенное влияние на искажение изначально прямоугольной формы сляба в плане и соответственно на величину обрезаемых переднего и заднего концов листа (рис.1).

Известны исследования, например [1, 2], посвященные, в частности, влиянию деформации в вертикальных валках на повышение экономичности и качества металла. Однако в них не определен характер развития искажения торцов от прохода к проходу на всем диапазоне типоразмеров горячекатаных

Рассмотрено формоизменение концов толстых широких раскатов при горячей листовой прокатке в системах горизонтальных и вертикальных валков применительно к различным условиям деформации. Получены модели, характеризующие искажение формы концов раскатов в плане в зависимости от параметров прокатки.

Даны рекомендации по использованию полученных моделей

листов и полос (например в [3] приводится условие образования неискаженного конца раската при одном значении $\frac{\Delta h_B}{\Delta h_T} = 0,6$, где Δh_B и Δh_T соответственно

обжатие раската в вертикальных и горизонтальных валках), не полностью учтено влияние распределения обжатий в горизонтальных валках на формоизменение конца в плане. Мало работ, в которых было бы исследовано влияние предварительной деформации в универсальной клетки на величину концевой обрезки на ШСПП.

Задачей настоящей работы является уточнение