

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 669.017.07

Ткаченко Ф.К.¹, Мирошніченко В.И.², Ткаченко Н.В.³, Рябікіна М.А.⁴

РОСТ ЗЕРНА В Fe-Mn СПЛАВАХ И ЕГО СВЯЗЬ С ПАРАМЕТРАМИ ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА КОМПОНЕНТОВ

С использованием установленной тесной связи между энергией активации самодиффузии и параметрами электронного газа в чистых металлах получены аналитические зависимости, позволяющие расчетным путем определять влияние температуры и состава на рост зерна в Fe - Mn сплавах.

Ключевые слова: энергия активации самодиффузии, электронный газ, рост зерна.

Ткаченко Ф.К., Мирошніченко В.И., Ткаченко Н.В., Рябікіна М.А. Ріст зерна в Fe-Mn сплавах та його зв'язок із параметрами електронного газу компонентів. З використанням встановленого тісного зв'язку між енергією активації самодифузії і параметрами електронного газу в чистих металах отримані аналітичні залежності, що дозволяють розрахунковим шляхом визначити вплив температури і складу на зростання зерна в Fe-Mn сплавах.

Ключові слова: енергія активації самодифузії, електронний газ, зростання зерна.

F.K. Tkachenko, V.I. Miroshnichenko, N.V. Tkachenko, M.O. Ryabikina. Growth of grain in Fe-Mn alloys and its connection with the parameters of electron gas of the components. By means of the established close link between the energy of self-diffusion activation and parameters of electron gas in pure metals, analytical dependences were obtained, which make it possible to determine by calculating the influence of temperature and composition upon grain growth inside Fe - Mn alloys..

Keywords: energy of activating of self-diffusion, electron gas, growth of grain.

Постановка проблемы. Среди структурных факторов, определяющих уровень таких важных служебных характеристик сталей, как сопротивление ударному разрушению, хладостойкость и другие наиболее важным является размер зерна, поэтому разработка эффективных научно обоснованных способов управлением зеренной структурой является одной из актуальных проблем металловедения. Теоретическое обоснование влияния легирующих элементов на размер зерна в настоящее время является недостаточно полным и требует дальнейшего развития с позиций электронной теории сплавов.

Анализ последних исследований и публикаций. К последним публикациям по этой проблеме следует отнести монографии профессора, д.т.н. Пилющенко В.[1] и профессора, д.т.н. Троцана А.И.[2], изданные в 2000 – 2010 гг.. В монографиях изложены материалы, отражающие современное состояние основного способа регулирования размера зерна за счет микролегирования, из которых следует, что при анализе процессов формирования зеренной структуры в сталях не рассматриваются вопросы, связанные с механизмом и кинетикой роста зерна.

Цель статьи. Исследовать особенности роста зерна в двойных Fe-Mn сплавах при изменении температуры и содержания марганца с учетом влияния параметров электронного газа Fe и Mn на энергию активации граничной самодиффузии Fe.

Изложение основного материала. Легирование марганцем сталей различных классов и назначений получило широкое распространение в связи с его способностью существенно влиять на фазово-структурные состояния и физико-механические свойства. Одним из важных параметров фазово-структурного состояния, определяющего уровень механических характе-

¹ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² ассистент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

³ аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

⁴ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

ристик таких сплавов, являється розмір зерна при температурі аустенізації.

Как известно, температурно-временная зависимость размера зерна описывается уравнением вида [3]

$$d^2 = k \cdot \tau \cdot \exp\left(\frac{-Q_M}{R \cdot T}\right) + d_0^2, \quad (1)$$

где k - постоянная величина;

τ - время выдержки;

Q_M - энергия активации миграции границы зерна;

d_0 - начальное зерно.

Из этого выражения следует, что влияние легирующего элемента на рост зерна в n -компонентном твердом растворе на основе одного из элементов, являющегося растворителем, может проявляться только через воздействие растворенных элементов на величину энергии активации миграции межзеренных границ чистого металла растворителя Q_M . В чистых металлах эта величина определяет уровень коэффициента граничной самодиффузии $D_{c.d.z}$ и связана с таким же параметром для объемной самодиффузии соотношением $Q_{c.d.z} = 0,5 \cdot Q_{c.d.o}$ [4]. Очевидно, что для разбавленного раствора это соотношение будет оставаться в силе при условии учета влияния легирующего элемента на величину энергии активации самодиффузии металла в растворителе $Q_{c.d.o}^p$. Исследование зависимости этой величины от параметров электронного газа 18-ти металлических элементов позволило установить функциональную связь между энергией активации самодиффузии и средней энергией электронов проводимости $\bar{E}_{эл.}^{Me}$, для отдельного элемента [4]

$$Q_{c.d.o}^{Me} = 0,18 \cdot \bar{E}_{эл.}^{Me} + 84,8.$$

В таком случае, в частности, для разбавленного бинарного раствора на основе железа можно принять

$$Q_{c.d.o}^p = 0,18 \cdot [\bar{E}_{эл.}^{Fe} (1 - x) + x \cdot \bar{E}_{эл.}^{Me}] + 84,8. \quad (2)$$

При помощи уравнения (1) с учетом (2), и $Q_M = 0,5 \cdot Q_{c.d.o}^p$ [5] исследована зависимость размера зерна аустенита сплава Fe-Mn от температуры и содержания в нем марганца. Результаты расчетов, приведенных на рисунке 1, показывает, что повышение температуры аустенитизации от 1200 до 1400К с выдержкой 1 час сопровождается увеличением зерна в чистом железе в 3,7 раза. При растворении в железе 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 марганца средний диаметр зерна в тех же температурно-временных условиях возрастает, соответственно, в 3,5; 3,4 и 3,3 раза. Как видно, интенсивность увеличения зерна с повышением концентрации марганца в Fe-Mn растворе и температуре аустенитизации слабо снижаются.

Результаты выполненных исследований дают основание считать, что увеличение склонности к росту зерна в высокотемпературной области при увеличении концентрации Mn в двойных Fe-Mn сплавах обусловлено снижением энергии активации самодиффузии, вызванным уменьшением среднего уровня кинетической энергии электронного газа в кристаллической решетке раствора. Развитие исследований в предлагаемом направлении позволяет разработать методы прогнозирования систем легирования и микролегирования, обеспечивающих получение микроструктур.

Выводы

1. Показана возможность расчетного определения заданного размера аустенитного зерна в Fe-Mn сплавах на основе данных о параметрах электронного газа его компонентов.
2. Установлено, что увеличение склонности к росту зерна в Fe-Mn сплавах при 1200-1400К обусловлено снижением средней энергии электронного газа.

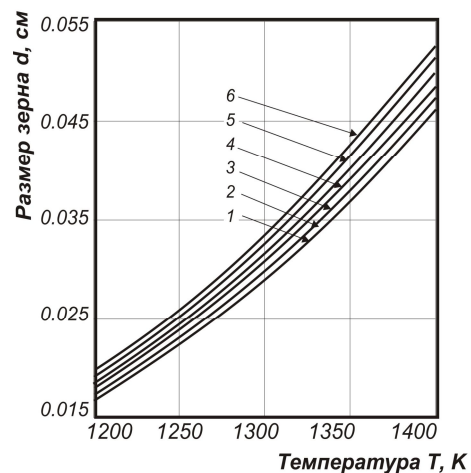


Рис. 1 – Зависимость среднего диаметра зерна от температуры аустенитизации Fe-Mn сплавов, содержащих: 1 – 0; 2 – 0,01; 3 – 0,02; 4 – 0,03; 5 – 0,04; 6 – 0,05 Mn

Список использованных источников:

1. Научные и технологические основы микролегирования стали / В.Л. Пилюшенко [и др.] – М.: Металлургия, 1994. – 384с.
2. Троцан А.И. Теория и практика микролегирования с учетом межкристаллитной внутренней адсорбции / А.И. Троцан, И.Л. Бродский, А.И. Ищенко. – Киев, НАНУ Ин-т материаловедения. – 2010. – 270 с.
3. Штремель М.А. Прочность сплавов. Ч. 1./ М.А. Штремель. – М.: Металлургия, 1982. – 278с.
4. Ткаченко, И.Ф. Порівняльний аналіз електронного стану заліза і мікролегуючих елементів: Ti, V, Nb, Zr, Al./ И.Ф. Ткаченко, В.И. Мирошніченко, К.И. Ткаченко // Вісник Призов. держ. техн. ун-ту. Сер.: Техн. науки: Зб. наук. праць. – 2010. – № 20. – С.113-116.
5. Шьюмон П. Диффузия в твердых телах / П. Шьюмон. – М.: Металлургия, 1966. – 195с.

Рецензент: А.П. Чейлях
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 28.12.10

УДК 669.14:669.788.001.5

Ткаченко И.Ф.¹, Мирошніченко В.И.², Ткаченко К.И.³

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА ЗЕРНА В ДВОЙНЫХ Fe-Me СПЛАВАХ
НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА

В работе выполнено аналитическое исследование факторов, определяющих рост зерна в твердых растворах на основе железа: Fe-Mn, Fe-Ni, Fe-Cu, Fe-Cr, Fe-V, Fe-Mo и Fe-Ti в высокотемпературной области. Установлены аналитические зависимости, которые позволяют оценивать влияние растворенных элементов на размер зерна и интенсивность его роста в зависимости от температуры и концентрации растворенного элемента.

Ключевые слова: металлические твердые растворы на основе железа, размер зерна, аналитические зависимости, параметры электронного газа.

Ткаченко І.Ф., Мірошніченко В.І., Ткаченко К.І. Моделювання процесу зростання зерна в подвійних Fe-Me сплавах на основі параметрів електронного газу. В роботі виконано аналітичне дослідження факторів, що визначають зростання зерна в металевих твердих розчинах на основі заліза: Fe-Mn, Fe-Ni, Fe-Cu, Fe-Cr, Fe-V, Fe-Mo і Fe-Ti за високих температур. Встановлено аналітичні залежності які дозволяють прогнозувати вплив розчинених елементів на розмір зерна та інтенсивність його зростання в залежності від температури та концентрації розчиненого елемента.

Ключові слова: металеві тверді розчини на основі заліза, розмір зерна, аналітичні залежності, параметри електронного газу.

I.F. Tkachenko, V.I. Miroshnichenko, K.I. Tkachenko. Modeling the process of grain growth in binary Fe-Me alloys based on the electron gas parameters. An analytic investigation was conducted for factors determining the grain growth in binary metallic Fe-based solid solutions: Fe-Mn, Fe-Ni, Fe-Cu, Fe-Cr, Fe-V, Fe-Mo and Fe-Ti in high temperature range. Analytic dependencies were derived giving an opportunity to forecast an influence of the alloy elements on grain size and its growth intensity with temperature and concentration.

Key words: binary metallic Fe-based solid solutions; grain size; analytic dependencies; electron gas parameters.

¹ д-р техн. наук, професор, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Маріуполь

² ассистент, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Маріуполь

³ к-т техн. наук, ст.преподаватель, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Маріуполь