

05;12

Влияние азота на склонность к образованию дефектов упаковки и температурную зависимость термоэлектродвижущей силы в сплавах Fe–Cr

© Л.М. Капуткина, В.В. Сумин, К.О. Базалева

Московский институт стали и сплавов

Поступило в Редакцию 13 апреля 1999 г.

Исследовано влияние азота на абсолютный коэффициент термоэлектродвижущей силы в стали и склонность материала к образованию дефектов упаковки. Абсолютный коэффициент термоЭДС монотонно возрастает с концентрацией азота. Склонность к образованию дефектов упаковки монотонно увеличивается с ростом содержания азота в области, где твердый раствор аустенита является стабильным. Вблизи фазового перехода (аустенит–мартенсит) эта величина резко возрастает. Описанные эксперименты свидетельствуют о воздействии азота на электронную подсистему металла.

Введение азота является весьма перспективным способом изменения различных свойств стали. Влияние азота на свойства сплавов железа во многом сравнимо с широко изученным влиянием углерода. Вместе с тем во многих работах отмечаются существенные различия в поведении азота и углерода в твердых растворах ОЦК и ГЦК железа, а именно, различное влияние на энергию дефектов упаковки [1], на характер межатомных связей [2]. Между тем, конкретных данных для оценки строения и свойств твердых растворов железо–(легирующий элемент замещения)–азот явно недостаточно, часто они противоречивы.

В данной работе экспериментально оценивали влияние концентрации азота на тесно связанные с электронной подсистемой металла свойства: температурную зависимость термоЭДС и концентрацию дефектов упаковки.

Исследовали сплавы Fe–18%Cr–N, содержание азота варьировалось в интервале от 0.42 до 1.68 % wt.

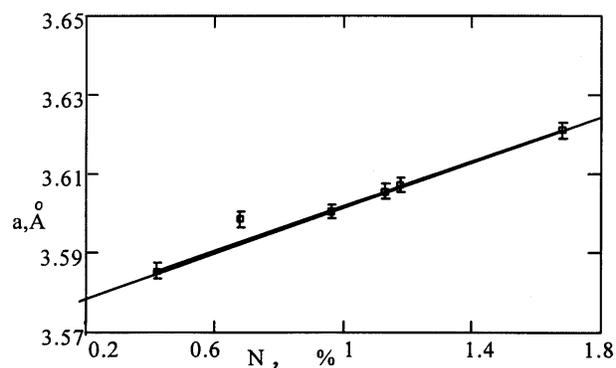


Рис. 1. Зависимость периода решетки аустенитного твердого раствора от концентрации азота.

После закалки с 1100°C сплавы оказались в различном фазово-структурном состоянии. Поскольку азот довольно сильно стабилизирует аустенит, сталь с наименьшим — 0.42% содержанием азота при комнатной температуре была в двухфазном состоянии (мартенсит плюс аустенит); в образце с 0.68% N по рентгенографическим данным, возможно, имелось небольшое ($< 2\%$) количество мартенситной фазы; далее, по мере увеличения содержания азота (0.96–1.68% N), сталь становилась полностью однофазной, а аустенит — более стабильным.

Для определения положения атомов азота в сплаве были проведены измерения периода решетки, результаты показаны на рис. 1. Видно, что период решетки аустенита монотонно возрастает с концентрацией, причем коэффициент наклона кривой с достаточно высокой точностью совпадает с литературными данными [3–4].

Это является свидетельством того, что практически весь азот после закалки стали находится в твердом растворе.

Результаты измерений температурной зависимости термоЭДС $E(T)$ сплавов показаны на рис. 2. Измерения проводились интегральным методом [5] в интервале $50\text{--}200^{\circ}\text{C}$, горячим спаем являлся контакт вольфрамовой иглы с надетой микропечью с поверхностью исследуемого образца. Видно, что наклон $E(T)$ монотонно возрастает с увеличением концентрации азота. Подсчитанный по этим данным абсолютный

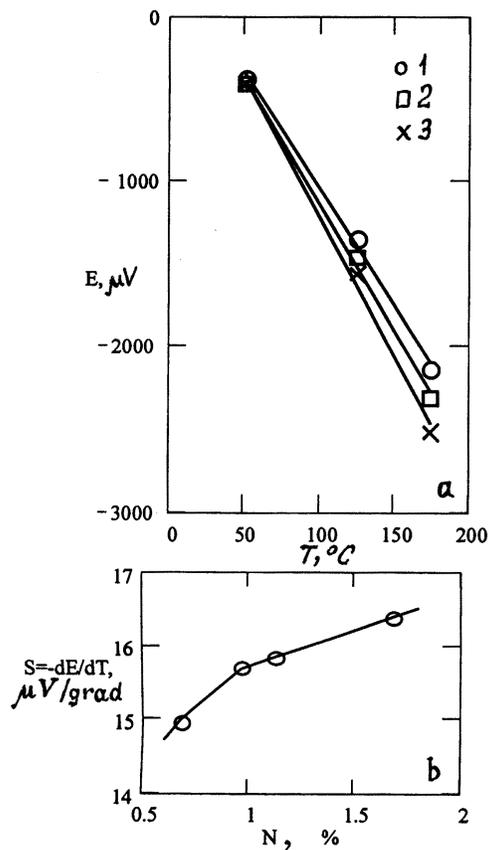


Рис. 2. Температурная зависимость термоЭДС для сплавов с 0.677%N (1), 0.964% N (2) и 1.68%N (3) (a); абсолютный коэффициент термоЭДС (50–200 $^{\circ}C$) для тех же сплавов (b).

коэффициент ТЭДС ($S = -dE/dT$) показан на рис. 2, b. S также растет с увеличением содержания азота, причем для области чисто аустенитных сплавов (0.94–1.68%N) зависимость $S = f(N)$ менее крутая и близка к линейной. Известно, что данный коэффициент есть функция плотности электронных состояний на поверхности Ферми

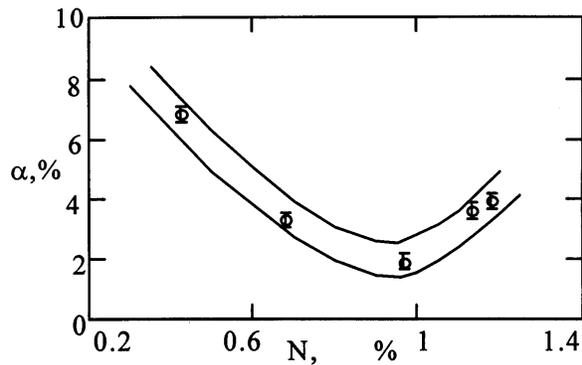


Рис. 3. Концентрация дефектов упаковки для сплавов с разным содержанием азота.

($S = \pi^2 k^2 T / (3|e|N_d(\varepsilon))(N_d(\varepsilon)/d\varepsilon)_{\varepsilon=\xi}$, где $N_d(\varepsilon)$ — плотность состояний как функция от энергии, ξ — энергия Ферми [5]), поэтому можно утверждать, что полученный результат качественно свидетельствует о влиянии азота на состояние электронной подсистемы металла.

Влияние азота на энергию дефектов упаковки оценивалось косвенно по концентрации дефектов упаковки α в исследуемых сплавах при интенсивной деформации. Концентрацию дефектов упаковки определяли в аустените методом измерения сдвига рентгеновских пиков [6]. Как показывают результаты многочисленных экспериментов, данный метод, не давая в некоторых случаях правильного абсолютного значения энергии дефектов упаковки, качественно верно отражает склонность к образованию дефектов упаковки. Полагают, что энергия дефектов упаковки и обратно пропорциональный ей параметр α в твердом растворе тесно связаны с плотностью электронных состояний [7], поэтому можно было ожидать корреляции между значениями S и α . Однако на склонность к образованию дефектов упаковки влияет также и другой фактор — энергия дефектов упаковки падает (α возрастает) в области фазового перехода. Поэтому в данном случае для двухфазных сплавов, где твердый раствор аустенита является неустойчивым (0.42 и 0.677% N), значения α повышены, они падают с приближением к стабильному твердому раствору (0.964% N). Вторая, возрастающая ветвь кривой на рис. 3

отображает, по-видимому, влияние азота на электронную структуру ГЦК твердого раствора, и увеличение α здесь связано со снижением энергии дефектов упаковки при легировании азотом.

Список литературы

- [1] Банов Р.М., Златева Г.З. // Изв. АН СССР. Металлы. 1977. № 2. С. 176–186.
- [2] Ino H., Umezū K., Kajiwara S., Uchawa S. // In: Proc. Int. Conf. Martensite Transformation, Nara, The Japan Institute of Metals, 1986. P. 313–318.
- [3] Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. М.: Metallurgizdat, 1962. 163 с.
- [4] Pearson W.P. A Handbook of Lattice Spacings and Structures of Metals and Alloys. Pergamon Press, 1958. 258 с.
- [5] Блатт Ф.Дж., Шредер П.А., Фойлз К.Л., Грейг Д. Термоэлектродвижущая сила металлов. Пер. с англ. под ред. Белашенко Д.К. М.: Металлургия, 1980. 248 с.
- [6] Уманский Я.Д., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982. 632 с.
- [7] Вишняков Я.Д. Дефекты упаковки в кристаллической структуре. М.: Металлургия, 1970. 215 с.