

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРА КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ СПЛАВОВ СИСТЕМ Fe-Cr И Fe-V ОТ ЛЕГИРОВАНИЯ

И.С. Монахов, Р.И. Рудштейн

Московский государственный институт электроники и математики

E-mail: met@miem.edu.ru

Сплавы с ОЦК-структурой системы Fe-Cr являются основой ферритных сталей и представляют интерес как материалы для оболочек ТВЭЛов для реакторов на быстрых нейтронах. Ферритные стали показывают более высокую радиационную стабильность в реакторных условиях при температуре 600-900 К по сравнению с аустенитными сталями. Поэтому в последние годы ОЦК-сплавы системы Fe-Cr стали объектом квантовомеханических и полуэмпирических расчетов, несмотря на то, что экспериментальная информация как по фазовой диаграмме, так и по термодинамическим свойствам системы Fe-Cr получена достаточно давно. Аналогичный интерес вызывают ОЦК-сплавы железа с ванадием.

В работе исследованы образцы чистого железа и его сплавов с хромом и ванадием в диапазоне концентраций 2-8 ат. %. Образцы представляли собой прокатанные пластины толщиной около 1 мм и площадью около 20 см².

В качестве первого шага были сняты обзорные (в широком угловом интервале) дифрактограммы образца чистого железа и образцов сплавов с максимальным содержанием легирующих компонентов. Целями этого исследования были оценка интенсивности дифракционных линий и степени текстурованности. Важно также было убедиться в отсутствии посторонних фаз.

Съемка производилась на дифрактометре «ДРОН-3М». В ходе ранее проведенных работ дифрактометр был подвергнут модернизации, в результате которой управление дифрактометром и сбор данных осуществляется персональным компьютером. В процессе съемки образец поворачивается на угол θ , детектор излучения – на угол 2θ с фокусировкой по Брэггу-Брентано [1].

На рис. 1 в качестве примера представлена дифрактограмма образца Fe-8 % Cr, снятая на излучении CoK_α . Аналогичные дифрактограммы, полученные для всех образцов, свидетельствуют о том, что образцы являются однофазными. Очевидно, что однофазными являются и все образцы промежуточных составов.

На всех дифрактограммах заметны нарушения соотношений интенсивностей дифракционных линий по сравнению со штрих-диаграммой, что свидетельствует о наличии текстуры. У образца чистого железа дифракционные линии уширены (особенно на больших углах рассеяния) вследствие наклепа при прокатке. Для дальнейших измерений параметра кристаллической решетки был произведен отжиг этого образца.

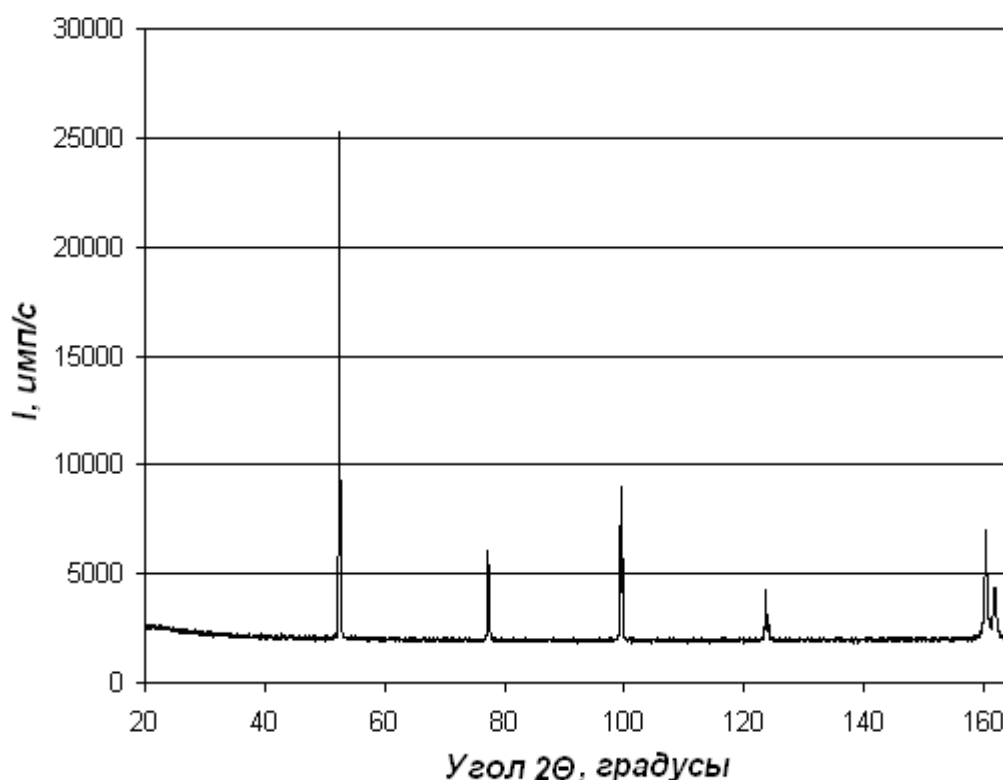


Рис. 1: Дифрактограмма образца с содержанием хрома 8 ат %, излучение CoK_α

По сравнению с исходным состоянием у образца чистого железа после отжига дифракционные линии заметно сузились, на больших углах отчетливо разделился α_1 - α_2 дублет, изменилось соотношение интенсивностей дифракционных линий. Очевидно, что в ходе термообработки произошел отжиг микронапряжений, и в значительной мере прошли процессы рекристаллизации.

Абсолютные измерения параметров кристаллической решетки с высокой точностью в общем случае являются сложной и трудоемкой работой, связанной с необходимостью учета большого количества случайных и систематических погрешностей [2]. Поэтому в нашем случае был использован относительно более простой и надежный метод сравнения с эталоном [3]. В качестве эталона был выбран кристалл кремния, параметр решетки которого измерен прецизионным методом Бонда [4] и составляет 5.43094 ± 0.00002 Å. На излучении $\text{Co K}\alpha$ кремний имеет два отражения в области углов θ 60° - 80° и поэтому является удобным эталоном.

Для относительных измерений были использованы отражения (220) и (310) железа и (440) и (531) кремния.

Каждая линия снималась в широком угловом интервале для отделения фона. Отделение фона, разделение α -дублета и определение положения линий проводилось с помощью известной программы PDWin 4.0. По значениям углов дифракции линий образца и эталона с помощью соотношения Вульфа-Брэгга рассчитывались параметры решетки сплавов в различных сочетаниях индексов линий, которые усреднялись. В расчетные результаты вводилась поправка на температуру измерений для приведения всех результатов к 20°C . При этом для

всех образцов использован линейный коэффициент теплового расширения чистого железа, равный $12.3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Для каждого образца измерения были повторены дважды с полной перенастройкой дифрактометра.

Полученные значения параметров кристаллической решетки исследованных образцов приведены на рис. 2 в виде графиков и сопоставлены друг с другом и линейной зависимостью Vegarda.

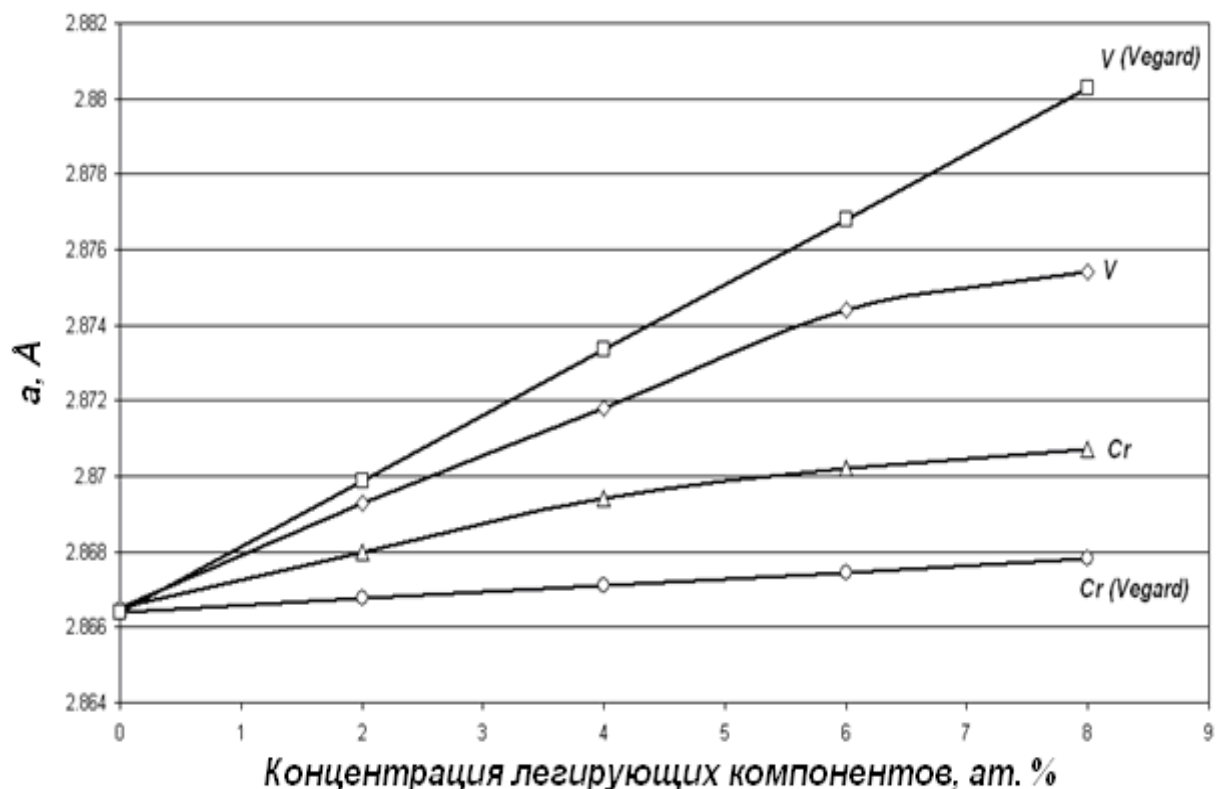


Рис. 2. Экспериментальные зависимости параметра решетки систем Fe-Cr и Fe-V от содержания легирующих компонентов, $\Delta a = \pm 0.0001 \text{ Å}$ в сравнении с правилом Vegarda

Из представленных зависимостей видно, что при легировании железа хромом и ванадием наблюдается отклонение от линейного закона в разные стороны. При этом значение параметра решетки сплава с максимальным содержанием ванадия представляется аномальным.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 09-03-00983-а.

1. С.С.Горелик, Ю.А.Скаков, Л.Н.Расторгуев Рентгенографический и электронно-оптический анализ.: М., МИСИС, 1994.-328 с.
2. Д.М.Хейкер, Л.С.Зевин Рентгеновская дифрактометрия. – М.: Физматгиз, 1963. – 300 с.
3. А.А.Русаков Рентгенография металлов., М., Атомиздат, 1977, 480 с.
4. В.И.Лисойван Измерение параметров элементарной ячейки на однокристалльном спектрометре.- Новосибирск, Наука, 1982.