

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. А. ИЛЬИНА, В. К. КРИЦКАЯ,  
член-корреспондент АН СССР Г. В. КУРДЮМОВ

**ПРИЧИНЫ ОСЛАБЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ РЕНТГЕНОВСКИХ  
ИНТЕРФЕРЕНЦИЙ МАРТЕНСИТА**

Большое изменение постоянных решетки мартенсита при увеличении количества растворенного углерода приводило к заключению о возможности существования значительных колебаний величины расстояний между атомами железа <sup>(1)</sup>, т. е. значительных искажений третьего рода.

В настоящей работе для изучения этого вопроса была использована методика, примененная нами при исследовании искажений решетки в деформированном  $\alpha$ -железе <sup>(2)</sup>.

В задачу исследования входило также выяснение вопроса о том, в какой мере наличие растворенного углерода изменяет тепловой фактор рассеяния рентгеновских лучей решеткой  $\alpha$ -твердого раствора и, следовательно, междоатомные связи в решетке.

Выбор углеродистых сталей, содержащих углерода менее 0,5%, определялся тем, что для этих сталей измерение отношения интенсивностей линий (110) и (220) не осложняется разделением дублетов тетрагональной решетки и присутствием аустенита. Вместе с тем частичный распад мартенсита, который происходит в этих сталях уже во время самой закалки, заранее указывал на то, что измерения не могут дать достаточно точной зависимости искажений от содержания углерода в растворе.

Отсутствие же разделения дублетов тетрагональной решетки должно было привести к получению лишь условных величин среднеквадратичных отклонений. Однако такие измерения могут дать общее представление о величине искажений и изменений связей в решетке пересыщенного твердого раствора углерода в  $\alpha$ -железе (мартенсита).

Для определения характера искажений кристаллической решетки мартенсита производились измерения интенсивности рентгеновских отражений закаленной стали с 0,35 и 0,41% углерода при двух температурах:  $t_1 = +23^\circ$  и  $t_2 = -185^\circ$ . Из этих сталей были изготовлены цилиндрические образцы диаметром 0,9 мм. Для каждого сорта стали было исследовано 3—6 образцов. Рентгеносьемки велись в отфильтрованном кобальтовом излучении.

Результаты измерений интенсивностей приведены в табл. 1. Из этих данных видно, что с понижением температуры образца на  $200^\circ$  отношение  $I_{110}/I_{220}$  для стали с содержанием углерода 0,35% уменьшилось на 10% и для стали с 0,41% углерода на 11,5%.

Уменьшение отношения  $I_{110}/I_{220}$  для  $\alpha$ -железа в тех же условиях составляет 5%. Это значит, что с понижением температуры изменение теплового фактора для твердого раствора углерода в  $\alpha$ -железе больше,

Отношение интенсивностей  $I_{110}/I_{220}$ 

Материал	$I_{110}/I_{220}$		Разность между значениями $I_{110}/I_{220}$ при 23° для стали и $\alpha$ -железа в %	
	при + 23°	при - 185°	общее	за счет статич. искажений
Закаленная углеродистая сталь с 0,41% С . . . . .	2,23	2,00	36	20
Закаленная углеродистая сталь с 0,35% С . . . . .	2,03	1,84	23	13
$\alpha$ -железо . . . . .	1,64	1,56		

чем для чистого железа. Следовательно, должно быть и отличие в значениях характеристических температур.

На основании полученных данных для интенсивности при разных температурах была определена характеристическая температура мартенсита стали с 0,41 и 0,35% углерода. Она оказалась равной 360° для стали с 0,41% С и 370° для стали с 0,35% С.

Меньшее значение характеристической температуры мартенсита по сравнению с характеристической температурой  $\alpha$ -железа должно соответствовать ослаблению связи атомов в решетке, увеличению амплитуды тепловых колебаний.

Высокое значение отношения  $I_{110}/I_{220}$ , полученное для стали с 0,41% С при температуре - 185°, по сравнению с тем же отношением для  $\alpha$ -железа указывает на наличие значительных статических искажений решетки мартенсита.

Величину этих искажений можно оценить (2) из выражения:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{e^{-2M_1(T, \theta_1)} e^{-k}}{e^{-2M_2(T, \theta_2)}}, \quad (1)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — отношение интенсивностей  $I_{110}/I_{220}$ , соответственно, мартенсита и железа при температуре  $T$ ;  $e^{-k}$  — множитель, учитывающий статические искажения решетки мартенсита, и

$$M_1 = \frac{6h^2}{mk\theta_1} \left[ \frac{\Phi(\theta_1/T)}{\theta_1/T} + \frac{1}{4} \right] \left[ \frac{\sin^2 \theta_1}{\lambda^2} - \frac{\sin^2 \theta_2}{\lambda^2} \right],$$

$$M_2 = \frac{6h^2}{mk\theta_2} \left[ \frac{\Phi(\theta_2/T)}{\theta_2/T} + \frac{1}{4} \right] \left[ \frac{\sin^2 \theta_1}{\lambda^2} - \frac{\sin^2 \theta_2}{\lambda^2} \right].$$

Подставляя в выражение (1) числовые значения измеренных нами величин, получаем для мартенсита с 0,41% углерода  $e^k = 0,80$  и для мартенсита с 0,35% углерода  $e^k = 0,87$ . Принимая

$$k = 2 \cdot 8\pi^2 \bar{u}^2 \left( \frac{\sin^2 \theta_2}{\lambda^2} - \frac{\sin^2 \theta_1}{\lambda^2} \right),$$

вычисляем  $\sqrt{\bar{u}^2}$  — среднее квадратичное смещение атомов из узлов решетки  $\alpha$ -железа при наличии в ней атомов углерода (в направлении нормали к грани (011)). Для закаленной стали с 0,41% С —  $\sqrt{\bar{u}^2} = 0,09 \text{ \AA}$ .

В табл. I приведены данные, характеризующие степень и характер искажений кристаллической решетки мартенсита исследованных сталей.

Из этих данных видно значительное изменение отношения интенсивностей  $I_{110}/I_{220}$  у закаленной стали по сравнению с чистым железом. Для стали с 0,41% углерода это изменение составляет весьма заметную величину

(36%). Измерение интенсивности при различных температурах обнаружило наличие статических и динамических искажений решетки мартенсита и позволило установить, в какой мере изменение интенсивности происходит за счет искажений третьего рода (статические искажения) и в какой — за счет изменений сил связи. Из рассмотрения полученных экспериментальных данных видно, что в решетке мартенсита при содержании в нем углерода 0,35—0,41% величина статических искажений несколько больше динамических.

Таким образом, решетка мартенсита характеризуется наличием значительных напряжений третьего рода, т. е. значительных отклонений центров колебаний атомов от узлов решетки. Вместе с тем наличие углерода в растворе приводит к значительному увеличению средних отклонений атомов железа при тепловых колебаниях и, следовательно, к ослаблению междуатомной связи по сравнению с решеткой  $\alpha$ -железа.

Институт металловедения  
и физики металлов ЦНИИЧМ

Поступило  
26 V 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Г. В. Курдюмов, Сборн. научн. докл. секции металловедения и термической обработки ВНИТО Металлург, 1940. <sup>2</sup> Г. В. Курдюмов, В. А. Ильина и В. К. Крицкая, Проблемы металловедения и физики металлов, 2-й сборн. тр., 1951.