

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

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

**АНИЗОТРОПИЯ ИСКАЖЕНИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ  
МАРТЕНСИТА**

В работах (1) было показано, что мартенсит при содержании входящего в раствор углерода выше 0,6% имеет тетрагональную решетку, обнаруживающуюся по разделению соответствующих линий на рентгенограммах. Разделение линий на рентгенограммах мартенсита является следствием неравенства периода решетки в направлении осей  $c$  и  $a$ .

Кристаллографические плоскости тетрагональной решетки с одинаковыми значениями  $\Sigma h_i^2$ , но разными индексами  $h_3$  отражают рентгеновские лучи под несколько отличными углами. При правильном расположении атомов в решетке мартенсита и изотропности тепловых колебаний отношение интенсивности отражений, например от плоскостей (011 и 101) и (110), (200 и 020) и (002), (211 и 121) и (112), должно равняться двум.

Уже давно было высказано предположение о возможности существования значительных колебаний в расстояниях между атомами железа в направлении тетрагональной оси решетки мартенсита (2). Это должно приводить к ослаблению интенсивности некоторых дублетных линий. Действительно, для мартенсита с 1,57% С было обнаружено заметное ослабление интенсивности линий, для которых  $h_3 \neq 0$  (3).

Такое явление могло быть вызвано либо неупорядоченными статическими отклонениями атомов железа от идеальных положений в направлении тетрагональной оси, либо увеличением амплитуды тепловых колебаний в этом направлении

В настоящей работе этот вопрос был исследован с помощью описанного нами ранее метода (4), позволяющего разделять указанные выше факторы, влияющие на интенсивность.

Материалом исследования служила высокоуглеродистая сталь с 1,3% С, закаленная от 1150°. Рентгено съемки велись на кобальтовой электронной трубке с применением железного фильтра. Определение интенсивности рентгеновских отражений производилось при температуре +22° и -185°. Были измерены интенсивности дублетов 011 и 110, 200 и 002, 211 и 112.

Таблица 1

Отношение интенсивностей	Температура образца в °	
	+22	-185
$\frac{I_{(011+101)}}{I_{110}}$	1,94	1,92
$\frac{I_{(200+020)}}{I_{002}}$	3,20	3,06
$\frac{I_{(211+121)}}{I_{112}}$	2,64	2,64

В табл. 1 помещены результаты этих измерений. Из полученных соотношений интенсивностей для различных пар линий при температуре  $+22^\circ$  видно, что интенсивность отражений от плоскостей с малыми значениями индекса  $h_3$  сильнее, чем интенсивность линий, у которых третий индекс больше. Тот факт, что плоскости, параллельные тетрагональной оси, рассеивают рентгеновские лучи сильнее, чем плоскости, ей перпендикулярные, служит доказательством того, что в направлениях, параллельных главной оси, имеются неупорядоченные смещения атомов, большие по величине, чем в других направлениях. Измерения интенсивностей только при одной температуре (например комнатной), дают количественные соотношения интенсивностей отдельных линий рентгенограммы, т. е. позволяют обнаруживать среднее смещение атомов в каком-либо направлении, но не могут решить вопроса о характере этих смещений.

Если смещения атомов в решетке мартенсита в направлении оси  $c$  имеют характер тепловых колебаний с увеличенной средней амплитудой (по сравнению с амплитудой колебаний атомов в других направлениях), то при переходе к низким температурам интенсивность отражений от плоскостей, перпендикулярных к оси  $c$ , заметно возрастает, в то время как для плоскостей, параллельных главной оси, изменение интенсивности будет менее значительным. Что касается статических смещений (смещений центров равновесия атомов в решетке), то они практически не зависят от температуры, и, следовательно, при переходе от более высокой температуры к более низкой отношение интенсивностей линий дублетов не должно меняться.

Можно измерить при разных температурах отношение линий дублета, например:

$$\frac{I'_{h_1 k_1 l_1}}{I'_{h_2 k_2 l_2}} = \alpha_1 \text{ при } T_1 \text{ и } \frac{I''_{h_1 k_1 l_1}}{I''_{h_2 k_2 l_2}} = \alpha_2 \text{ при } T_2.$$

Если  $\alpha_1 = \alpha_2$ , то это значит, что наблюдаемое ослабление одной из линий дублета является следствием только статических искажений решетки.

Неравенство же значений  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  должно указывать на изменение теплового фактора, т. е. на значительную роль тепловых колебаний атомов в ослаблении интенсивности линий с большим третьим индексом (наличие анизотропии динамических искажений решетки).

Как видно из табл. 1, заметных изменений отношений интенсивностей дублетов  $\frac{I_{011}}{I_{110}}$ ,  $\frac{I_{200}}{I_{002}}$ ,  $\frac{I_{211}}{I_{112}}$ , измеренных при температурах  $+22$  и  $-185^\circ$ , не обнаруживается.

Этот факт говорит о том, что ослабление интенсивности отражений 011, 002 и 112 происходит, главным образом, за счет статических искажений.

Из полученных отношений интенсивностей дублетов  $I_{200}/I_{002} = 3$  и  $I_{211}/I_{112} = 2,64$  (см. табл. 1) можно было определить величину средних смещений  $\sqrt{u^2}$ .

В отсутствие искажений отношение  $I_{200}/I_{002}$  будет равно

$$\frac{I_{200}}{I_{002}} = \frac{A_1 e^{-2M_1}}{A_2 e^{-2M_2}} = \alpha_1,$$

где  $A_1$  и  $A_2$  — произведение множителей, входящих в выражение для интенсивности. Наличие смещений атомов в направлении оси  $c$  будет ослаблять интенсивность отражений от плоскости (002). В этом случае отношение интенсивности линий 200 и 002 выразится так:

$$\frac{I_{200}}{I_{002}} = \frac{A_1 e^{-2M_1}}{A_2 e^{-2M_2 \varphi}} = \alpha_2,$$

где  $\varphi$  — множитель, учитывающий понижение интенсивности за счет смещений центров колебаний атомов из узлов решетки (смещения атомов в направлениях [200] мы здесь считаем малыми по сравнению с таковыми для [002]).

Если считать, что величина  $\varphi$  пропорциональна множителю  $e^{-k \frac{\sin^2 \vartheta}{\lambda^2}} = e^{-2 \cdot 8\pi^2 \bar{u}^2 \frac{\sin^2 \vartheta}{\lambda^2}}$ , можно определить  $\sqrt{\bar{u}^2}$  — величину среднего квадратичного смещения атомов в направлении, перпендикулярном к отражающей плоскости.

Логарифмируя выражение  $\alpha_2 / \alpha_1$ , получаем

$$\bar{u}^2 = \frac{\lambda^2}{16 \pi^2 \sin^2 \vartheta} \ln \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$

и, подставляя числовые значения, определяем  $\sqrt{\bar{u}^2} = 0,15 \text{ \AA}$ .

Такого же порядка величина смещения получается, если определить  $\sqrt{\bar{u}^2}$  из данных, полученных нами для отношения  $I_{211} / I_{112}$ . Для мартенсита с содержанием углерода 1,57 % значение  $\sqrt{\bar{u}^2}$  было получено равным 0,18  $\text{\AA}$  (3).

Таким образом, наблюдаемое ослабление линий дублетов 011, 002 и 112 у мартенсита с 1,3% С является следствием искажений, имеющих характер статических смещений атомов из узлов решетки в направлении [001]. Анизотропия тепловых колебаний не дает измеримого эффекта.

Институт металловедения и физики  
металлов ЦНИИЧМ

Поступило  
26 V 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Н. Я. Селяков, Г. В. Курдюмов, Н. Т. Гудцов, Журн. прикл. физ., 4, 53 (1927); Г. В. Курдюмов, Э. З. Каминский, ЖТФ, 6, 47 (1929). <sup>2</sup> Г. В. Курдюмов, Сборн. научн. докладов секции металловедения и термической обработки ВНИТО Metallurg, 1940, стр. 96. <sup>3</sup> H. Lipson, A. M. B. Parker, J. Iron and Steel Inst., 149, No. 1, 123 (1944). <sup>4</sup> Г. В. Курдюмов, В. К. Крицкая, В. А. Ильина, Проблемы металловедения и физики металлов, 2-й сборн. тр. ЦНИИЧМ, Ин-т металловедения и физики металлов (1951).