

М. П. АРБУЗОВ, Л. И. ЛЫСАК и Е. Г. НЕСТЕРЕНКО

О СТРУКТУРЕ КРИСТАЛЛОВ МАРТЕНСИТА ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ

(Представлено академиком И. П. Бардиным 19 III 1953)

В работе (1) было произведено выделение мартенсита из закаленной стали и исследовано его состояние. При этом оказалось, что размытость интерференций выделенного мартенсита значительно меньше, чем размытость интерференций мартенсита цельного образца. На основании этого было сделано заключение, что уменьшение ширины интерференций изолированного мартенсита связано с уменьшением напряжений II рода.

Изучение ширины линий отпущенной стали, проведенное в работах (2, 3), показало, что в низко отпущенной стали большая размытость линий обусловлена напряжениями II рода и в некоторой мере дисперсностью блоков. Это дало возможность количественно определить напряжения и размеры блоков α -фазы.

Определение размеров блоков в закаленной стали было затруднительно, так как уширение линий мартенсита в сплошном образце вызывается, главным образом, напряжениями.

Поэтому в настоящей работе изучение размеров блоков производилось на изолированном мартенсите. Было целесообразно также исследовать искажения решетки III рода, поскольку отсутствие линий аустенита на рентгенограммах выделенного мартенсита давало возможность более точно измерять интенсивности линий мартенсита. Кроме того, меньшая размытость линий на рентгенограммах свободного мартенсита по сравнению с размытостью линий мартенсита рентгенограмм сплошного образца также способствовала более точному определению интенсивностей линий мартенсита.

Материалом для исследования служил мартенсит, электролитически выделенный из закаленной углеродистой стали (0,98% C). Рентгенограммы получались в железном излучении от цилиндрических образцов (диаметром 0,8 мм), спрессованных из мартенситных порошков в камере диаметром 115 мм. Из полученных рентгенограмм определялась ширина линии B . Поправки на K_{α} -дублет и геометрические условия съемки определялись экспериментально, как описано в работах (2-4).

В качестве стандартного образца служила отожженная сталь. Ширина линии стандарта была экстраполирована к углам отражения мартенсита вследствие того, что углы отражения мартенсита и отожженной стали не совпадают.

В табл. 1 приведены результаты измерений ширины линий; здесь B — измеренная ширина линии; B_0 — ширина B , исправленная на K_{α} -дублет; b_0 — ширина стандарта, исправленная на неоднородность излучения; β — истинная ширина линии, полученная из B_0 исправлением на геометрические условия съемки; D — размер блоков.

Из табл. 1 видно, что экспериментально полученные значения β/β_{011} соответствуют отношениям $\sec \varphi/\sec \varphi_{011}$ (φ — угол отражения для линий мартенсита). Это означает, что ширина линии мартенсита в основ-

Таблица 1

(hkl)	B 10^{-2} рад	P_0 10^{-2} рад	b_0 10^{-2} рад	β 10^{-2} рад	β β_{011}	$\frac{\sec \psi}{\sec \psi_{011}}$	D 10^{-6} см
011	11,2	10,6	4,2	7,8	1	1	2,8
110	11,3	10,8	4,3	8,0	1,0	1,0	2,7
002	18,7	17,9	4,9	15,3	1,9	1,2	1,7
200	19,2	18,3	5,1	15,5	2,0	1,2	1,7
112	19,2	17,1	6,3	13,1	1,7	1,5	2,5
211	21,9	19,6	6,6	15,6	2,0	1,6	2,2
022	35,6	31,3	10,9	24,5	3,1	2,6	2,3
220	38,4	32,4	13,3	23,3	3,0	3,1	2,9

ном обуславливается дисперсностью блоков. Среднее значение размеров блоков получилось равным $2,3 \cdot 10^{-6}$ см.

На рис. 1 и в табл. 2 представлена зависимость относительной интенсивности линий мартенсита и отожженной стали, приведенные к фактору повторяемости $p = 1$. Из рисунка видно, что интенсивности линий мартенсита лежат значительно ниже, чем интенсивности линий отожженной стали. Кроме того, интенсивности линий мартенсита с большим третьим индексом меньше, чем интенсивности линий с меньшим третьим индексом. Эти факты говорят о наличии в решетке мартенсита искажений решетки III рода, которые в направлении оси c имеют большую величину, чем в направлении оси a .

Таблица 2

(hkl)	$\left(\frac{P_{110} I_{hkl}}{P_{hkl} I_{110}} \right)_0$	$\frac{P_{011} I_{hkl}}{P_{hkl} I_{011}}$	$\left(\frac{P_{011} I_{hkl}}{P_{hkl} I_{011}} \right)_{\text{выч}}$	$\Delta \left(\frac{P_{011} I_{hkl}}{P_{hkl} I_{011}} \right)$
011	1*	1	1	—
110 Fe- α	1	—	—	—
110	1*	1	1	—
002 Fe- α	0,62*	0,30	0,35	0,14
200	0,58	—	—	—
200 Fe- α	0,58*	0,49	0,46	0,07
112	0,57*	0,21	0,25	0,16
211 Fe- α	0,63	—	—	—
211	0,63*	0,37	0,43	0,14
022	1,13*	0,35	0,38	0,08
220 Fe- α	1,30	—	—	—
220	1,33*	0,58	0,64	0,09

* Значения $\left(\frac{P_{110} I_{hkl}}{P_{hkl} I_{110}} \right)_0$, полученные экстраполированием соответствующих значений $\left(\frac{P_{110} I_{hkl}}{P_{hkl} I_{110}} \right)_{\text{Fe-}\alpha}$ на углы отражения мартенсита.

Величины средних квадратичных смещений вычислялись по формуле:

$$\ln \left(\frac{I_{011}}{I_{hkl}} \right) \left(\frac{I_{hkl}}{I_{011}} \right)_0 = \frac{16 \pi^2}{\lambda^2} [\bar{u}^2 \sin^2 \varphi - \bar{u}_{011}^2 \sin^2 \varphi_{011}];$$

$$\bar{u}^2 = \bar{u}_a^2 \sin^2 \alpha + \bar{u}_c^2 \cos^2 \alpha,$$

где $(I_{hkl}/I_{011})_0$ — относительная интенсивность линий отожженной стали, экстраполированная на углы отражения мартенсита; u^2 — среднее

квадратичное смещение атомов в направлении нормали к пл. (h, k, l) ; α — угол между направлениями нормалей к пл. (h, k, l) и осью c ; \bar{u}_a^2 и \bar{u}_c^2 — среднее квадратичное смещение вдоль осей a и c .

В результате измерений и вычислений были получены следующие значения: $\bar{u}_a^2 = 0,025 \text{ \AA}^2$, $\bar{u}_c^2 = 0,052 \text{ \AA}^2$. Изменение характеристической температуры при этом не учитывалось. Определение \bar{u}_a^2 и \bar{u}_c^2 производилось по нескольким парам линий.

Для проверки полученных результатов был проведен расчет относительных интенсивностей линий мартенсита, исходя из экспериментально полученных средних значений \bar{u}_a^2 и \bar{u}_c^2 . Вычисленные таким путем значения интенсивности приведены на рис. 1 и в табл. 2. Видно, что рассчитанные интенсивности хорошо совпадают с экспериментальными данными.

Анизотропия искажений III рода в мартенсите закаленной стали определялась на цельных образцах (5, 6). Предполагая, что смещения атомов железа вдоль оси a за счет наличия углерода в растворе незначительны по сравнению со смещениями вдоль оси c , авторы (5, 6) вычислили среднее квадратичное смещение вдоль оси c (вернее, разность $\bar{u}_c^2 - \bar{u}_a^2$).

Рентгенограммы выделенного мартенсита позволили измерять относительные интенсивности всех четырех пар линий, полученных при съемке в железном излучении. Это дало возможность определить не только разность $\bar{u}_c^2 - \bar{u}_a^2$, как в работах (5, 6), но и отдельно \bar{u}_c^2 и \bar{u}_a^2 . Нужно отметить, что наши данные хорошо согласуются с данными для $\bar{u}_c^2 - \bar{u}_a^2$, полученными в работах (5, 6).

Таким образом, исследование ширины и интенсивности линий изолированного мартенсита показывает, что в свободном мартенсите:

- 1) искажения II рода практически отсутствуют;
- 2) размер областей когерентного рассеяния мал ($2-3 \cdot 10^{-6}$ см);
- 3) искажения III рода значительны как в направлении оси c , так и в направлении оси a . Средняя величина квадрата смещений в направлении оси c в два раза больше, чем в направлении оси a .

Лаборатория металлофизики
Академии наук УССР
Киев

Поступило
18 III 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. П. Арбузов, ДАН, 74, № 6, 1085 (1950). ² Г. Курдюмов, Л. Лысак, Сборн. научных работ Лаборатории металлофизики, 1948, стр. 53. ³ Л. И. Лысак, Вопросы физики металлов и металловедения, № 3, 41 (1952). ⁴ М. П. Арбузов, Изв. АН СССР, сер. физ., 15, 1, 16 (1951). ⁵ В. А. Ильина, В. К. Крицкая, Г. В. Курдюмов, ДАН, 85, № 5, 997 (1952). ⁶ H. Lipson, A. M. V. Parker, I. Iron a. Steel Inst., 149, No. 1, 123 (1944).

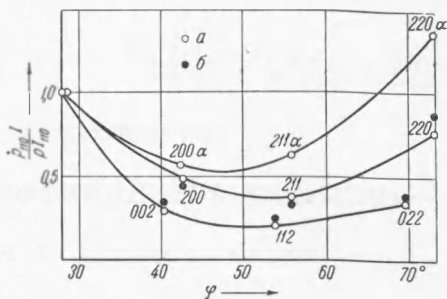


Рис. 1. а — экспериментальные точки, б — расчетные точки