

Л. МОРОЗ и Т. МИНГИН

О ЛОКАЛЬНЫХ ИСКАЖЕНИЯХ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ СПЛАВОВ ПРИ ФАЗОВОМ НАКЛЕПЕ

(Представлено академиком И. Т. Гудцовым 20 IV 1953)

Существенное влияние на формирование свойств закаленной и отпущенной стали оказывает явление фазового наклепа (1). Сущность фазового наклепа заключается в упрочнении сплавов при фазовых превращениях вследствие деформации кристаллической решетки, вызванной изменением объема при перестройке атомов из одной решетки в другую.

Получение фазового наклепа в чистом виде возможно при закалке безуглеродистого легированного железа (2-4). Исследование причин размытия интерференционных линий на рентгенограммах закаленных безуглеродистых сплавов железа показало, что результатом закалки этих сплавов является возникновение напряжений второго рода и размельчение мозаичных блоков (5).

В указанном исследовании осталось невыясненным, образуются ли при фазовом наклепе весьма локальные искажения решетки, трактуемые обычно как напряжения третьего рода или «зацепления», или же субмикроскопические механические дефекты решетки в виде «дырок» и дислоцированных атомов, находящихся в междоузлии. Однако факт дробления мозаичных блоков позволяет предполагать возникновение дополнительных локальных искажений при закалке в связи с увеличением границ соприкосновения мозаичных блоков.

Известно, что в результате холодной пластической деформации металлов образуются локальные искажения решетки, обнаруживаемые по понижению интенсивности интерференционных линий, возрастающему с увеличением порядка отражений (6). Упрочнение металлов при механическом наклепе рядом исследователей связывается с возникновением указанных локальных искажений (7-9). В связи с этим исследование характера искажений кристаллической решетки сплавов при фазовом наклепе приобретает значительный интерес.

Примененный метод исследования локальных искажений основан на том, что неоднородные устойчивые смещения центров колебания атомов из идеальных положений в решетке, так же как и усиление тепловых колебаний или изменения амплитуды и частоты колебаний вследствие изменения сил межуатомных связей решетки, понижают интегральную интенсивность рентгеновских интерференций тем сильнее, чем выше порядок отражений.

В работе сравнивались интегральные интенсивности линий (220) и (110) одной и той же рентгенограммы для закаленных и высокоотпущенных образцов легированного железа. Для сравнения сопоставлялись также интенсивности линий на рентгенограммах пластически деформированных образцов. В качестве материала для исследования был использован сплав железа с 0,02% С, 4,3% Мп и 0,97% Сг.

Часть металла была подвергнута холодной пластической деформации прокаткой с обжатием полос, равным 50% (от $h = 9$ мм до $h = 4,5$ мм). В результате пластического деформирования было достигнуто практически такое же упрочнение сплава, как при резкой закалке, что следует из табл. 1. Из наклепанных и ненаклепанных полос вытачивались цилиндрические образцы диаметром 0,9 мм. Часть образцов из ненаклепанного металла подвергалась резкой закалке, другая — высокому отпуску при 650° .

Рентгенограммы снимались в кобальтовом излучении в камерах диаметром 57,4 мм с железным фильтром. Рентгенограммы фотометрировались на регистрирующем микрофотометре Моля с увеличением в 50 раз. Микрофотометрические кривые перестраивались в кривые почернения. Отношения интенсивностей $I(110)/I(220)$ определялись как отношения площадей, очерченных кривыми почернения. Значения отношений $I(110)/I(220)$ определялись по данным 8—12 рентгенограмм.

В табл. 2 приведены среднеарифметические значения отношений интенсивностей линий $I(110)/I(220)$ рентгенограмм, снятых с высокоотпущенных, пластически деформированных и закаленных образцов. Между отдельными определениями наблюдался значительно больший разброс значений $I(110)/I(220)$, чем, например, в работах (7, 9), в которых сравнивались отношения $I(110)/I(220)$ для отожженного, пластически деформированного железа и углеродистой стали.

Ошибки отдельных определений подчинялись, как показал анализ, нормальному закону распределения. В табл. 2 приведены среднеквадратичные ошибки, вычисленные для каждого среднеарифметического значения $I(110)/I(220)$.

Из таблицы следует, что в результате деформации отношение $I(110)/I(220)$ увеличилось на 32%, а в результате закалки всего лишь на 7,7%.

В работе (7) было установлено, что наблюдаемое при пластической деформации железа и стали уменьшение интенсивности рентгеновских отражений происходит целиком за счет локальных статических искажений решетки. На основании этой ра-

боты ослабление интенсивности линий на рентгенограммах пластически деформированного безуглеродного сплава (табл. 1) может быть отнесено, главным образом, за счет статических искажений решетки.

Ослабление интенсивностей линий на рентгенограммах закаленных образцов могло явиться следствием как ослабления междуатомных связей, так и увеличения локальных искажений кристаллической решетки. Роль каждого из этих факторов может быть определена экспериментально.

Таблица 1

Изменение механических свойств сплава 2 в результате закалки и механического наклепа

Механические свойства	после отжига	после закалки	после пласт. деформ.
Предел текучести σ_s , кг/мм ²	35,0	78,2	76,6
Врем. сопротивление σ_b , кг/мм ²	53,0	84,4	78,2
Относит. поперечное сужение ψ , %	79,1	70,5	71,5
Равномерная деформация $\psi_{равн.}$, %	18,8	1,4	2,2

Таблица 2

Состояние сплавов	Среднее $I(110)/I(220)$	Средне-квадрат. ошибка в %
После высокого отпуска	1,56	3,7
После прокатки с обжатием, равным 50%	2,06	4,4
После резкой закалки	1,68	3,5

Однако выше указывалось, что неизбежным следствием дробления мозаичных блоков при закалке должно явиться увеличение количества некогерентно-отражающих атомов, вызванное увеличением протяженности границ соприкосновения блоков. Полученное при закалке увеличение отношения $I(110)/I(220)$ должно быть поэтому частично или целиком отнесено за счет локальных статических искажений.

На основании данных табл. 2 может быть сделано заключение, что в сравниваемых образцах при закалке образовалось значительно меньшее количество атомов, дающих некогерентное отражение вследствие статических искажений решетки, чем при пластической деформации. Можно также предполагать существенное различие в характере локальных искажений решетки сплава, находящегося в состояниях фазового и механического наклепа.

Поступило
20 IV 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Мороз, Ю. Терминасов, ЖТФ, 19, 383 (1949). ² М. Штейнберг, Сталь, № 9 (1948). ³ А. П. Гуляев, В. П. Емелина, Сталь, № 12, 1101 (1948). ⁴ Л. Мороз, Упрочнение безуглеродистых сплавов железа при фазовом превращении, 1951. ⁵ Л. С. Мороз, ЖТФ, 22, в. 3, 498 (1952). ⁶ В. Ильина, В. Крицкая, ДАН, 87, № 2 (1952). ⁷ В. Ильина, В. Крицкая, Г. Курдюмов, Сборн. Проблемы металловедения и физики металлов, № 2, 222 (1951). ⁸ Б. Ровинский, ЖТФ, 22, № 1 (1952). ⁹ В. Ильина, Э. Каминский, В. Крицкая, Р. Энтин, Сборн. Проблемы металловедения и физики металлов, № 3, 178 (1952).