

М. П. АРБУЗОВ

О КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ И ВЕЛИЧИНЕ ЧАСТИЦ КАРБИДНОЙ ФАЗЫ ОТПУЩЕННОЙ СТАЛИ

(Представлено академиком И. П. Бардиным 25 IV 1950)

Применение закаленных монокристаллов аустенита для исследования процессов отпуска в работе ⁽¹⁾ позволило обнаружить рентгеновские интерференции карбидной фазы в отпущенной ниже 300° стали и, таким образом, установить непосредственно наличие второй фазы в области температур отпуска 150—300°. При этом оказалось, что интерференционная картина карбидной фазы в этой области температур существенно отлична от таковой для цементита. Из 5 обнаруженных „линий“ 2 не совпадали с линиями цементита, а для остальных различались полюсные фигуры.

Отсюда было сделано заключение, что решетка карбида, образующегося в результате первого превращения при 100—150°, отлична от решетки цементита. Так как вопрос о кристаллической решетке и химическом составе этого карбида оставался открытым, то он был назван карбидом Fe_xC . Исчезновение характерных отражений состояния Fe_xC происходило при отпуске в области 300—400°. Вместе с тем появлялось большое число отражений цементита. В этой же области температур отпуска линии цементита обнаруживались уже и на обычных рентгенограммах поликристаллических образцов стали ⁽²⁾.

Полученные результаты, а также данные об изменении структуры твердого раствора при отпуске ⁽³⁾ послужили основанием для представления о том, что изменение свойств при „третьем превращении“ (300—400°) обуславливается изменением строения карбидной фазы, т. е. переходом карбида Fe_xC в карбид Fe_3C ^(4, 5). Это представление было использовано для постановки работ по изучению природы третьего превращения, в которых были получены важные данные о тепловых эффектах ⁽⁴⁾ и объемных изменениях ⁽⁶⁾.

Данные о характере интерференционной картины карбидной фазы при отпуске ниже 300° были приведены и отличие ее от цементитной фазы было подтверждено в работе И. В. Исаичева ⁽⁷⁾. Исследования полюсных фигур привели Исаичева к заключению, что в области 400—680° ромбическая решетка карбида изменяется, постепенно приближаясь к цементитной. Это заключение основывалось на данных об интенсивностях отражений карбида после отпуска при различных температурах и о смещении отражений (140) и (313).

Однако исследование выделенных электролитически карбидных осадков стали, отпущенной при 400—680°, показало, что эффекты изменения интерференционной картины в этой области температур обуславливаются изменением величины и формы выделяющихся кристалликов цементита ⁽⁸⁾.

В настоящей работе было произведено измерение ширины линий на рентгенограммах карбидных осадков, выделенных из стали с 1% С, отпущенной при температуре от 100 до 700° через 50°. Постоянный рентгеновский контроль, применявшийся при разработке методики выделения и сохранения карбидных порошков, позволил установить условия получения порошков, рентгенограммы которых были свободны от посторонних линий, и таким образом преодолеть трудности работы с электролитическим осаждением карбида из стали, отпущенной ниже 400°.

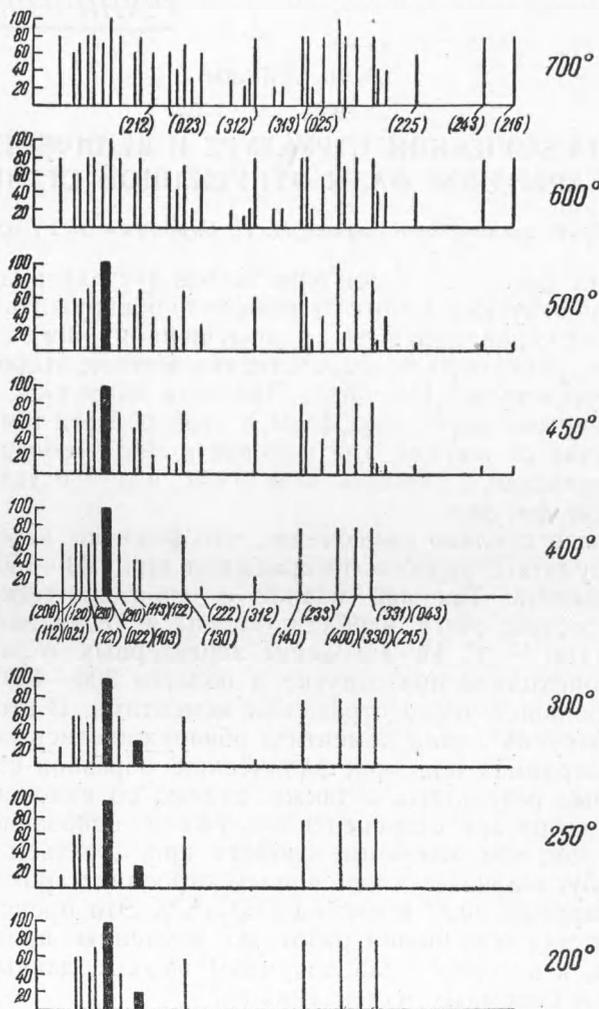


Рис. 1

Для повышения точности измерений применялась камера диаметром 156 мм. При определении истинной ширины линий делались поправки на дублет K_{α} и геометрические условия съемки⁽⁹⁾. Ширина линий определялась как частное от деления площади кривой почернения на высоту максимума. Фотометрирование производилось на микрофото-метре с объективным отсчетом при 10-кратном увеличении. Данные о ширине линий позволили с помощью известной формулы

$$\beta = \frac{\lambda}{\cos \varphi} \sqrt{\frac{h^2/m_x^2 a^4 + k^2/m_y^2 b^4 + l^2/m_z^2 c^4}{h^2/a^2 + k^2/b^2 + l^2/c^2}}$$

(hkl — индексы граней; m_x, m_y, m_z — число периодов по осям X, Y, Z ; λ — длина волны; φ — угол отражения и β — истинная ширина линий) определить размеры кристалликов карбида в направлениях трех осей и таким образом изучить также и форму карбидных частиц.

Рассмотрение рентгенограмм показало, что при переходе от высоких температур отпуска к более низким наблюдается постепенное расширение линий. При этом были подтверждены результаты предыдущей работы (8), согласно которой степень расширения линий неодинакова и зависит от индексов граней. Наибольшее расширение имеют линии, у которых большей третьей индекс.

При понижении температуры отпуска некоторые линии становятся настолько размытыми, что сливаются с диффузным фоном и становятся невидимыми; на рентгенограммах это отмечается как исчезновение этих линий. Неодинаковое расширение линий приводит к изменению соотношения высоты максимумов кривых почернения, а на рентгенограммах отмечается как изменение соотношения интенсивностей отдельных линий. Эти изменения вида рентгенограмм схематически представлены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что при изменении температуры отпуска ниже 400° идет дальнейшее расширение линий и исчезновение некоторых из них. На рентгенограмме отпуска 200° видно только 12 линий. Осадок стали, опущенной при 150° , дал рентгенограммы с сильным диффузным фоном без каких-либо линий.

Результаты измерения ширины некоторых линий с учетом поправок приведены в табл. 1. На рис. 2 показан ход изменения размеров карбидных частиц по направлению трех осей решетки цементита.

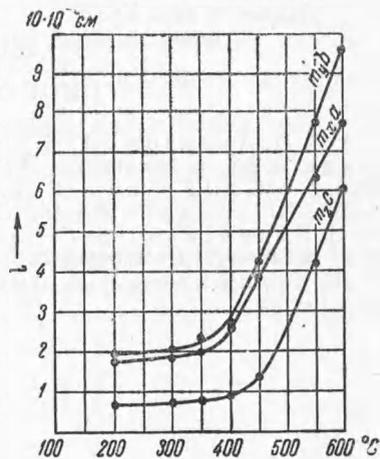


Рис. 2

Таблица 1

hkl	Истинное уширение $\beta \times 10^{-2}$ мм							
	700°	600°	550°	450°	400°	350°	300°	200°
120	000	20	24	41	65	80	86	90
130	000	20	23	45	76	84	92	—
312	000	29	36	85	170	212	223	—
233	000	—	—	—	154	184	210	231

Полученные данные делают необходимым внесение существенных уточнений в прежнюю трактовку явления, обнаруженного нами 10 лет назад при исследовании закаленных монокристаллов (1).

Переход низкотемпературного состояния карбидной фазы, которое обозначалось нами как Fe_xC , в обычный цементит не сопровождается изменением кристаллической решетки карбида. Уже и в низко отпущенной стали карбид имеет решетку цементита (Fe_3C). Одной из причин сильного отличия интерференционной картины состояния Fe_xC от цементита является пластинчатая форма и малый размер частиц, в особенности в направлении оси c (меньше 10 периодов решетки). Однако этим нельзя еще объяснить присутствие дополнительных отражений на рентгенограммах монокристаллических образцов. Детальное

исследование отпуска монокристаллов, проведенное нами в последнее время, приводит к заключению, что они представляют собой пятна диффузного рассеяния, подобные наблюдающимся при распаде других пересыщенных твердых растворов.

В отношении третьего превращения остается в силе прежний вывод о том, что изменения свойств в этой области температур (300—400°) совпадают с изменениями состояния карбидной фазы. Однако последние заключаются не в изменении решетки карбида, а в изменении формы и размеров карбидных частиц и особенно в изменении их взаимодействия (связанности) с твердым раствором.

Выяснение деталей этих явлений требует дальнейших исследований.

Лаборатория металлофизики
Академии наук УССР
Киев

Поступило
25 IV 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. П. Арбузов и Г. В. Курдюмов, ЖТФ, **10**, 1093 (1940). ² Г. В. Курдюмов, ЖФХ, **1**, 281 (1930). ³ Г. В. Курдюмов и Н. Ослон, ЖТФ, **9**, 1891 (1939). ⁴ П. Л. Грузин, Г. В. Курдюмов и Р. И. Энтин, Металлург, № 8 (1940). ⁵ Г. В. Курдюмов, Сборн. докладов секции металлов ВНИТО, 1940. ⁶ Э. З. Каминский и Д. С. Кацнельсон, ЖТФ, **15**, 182 (1945). ⁷ И. В. Исачев, ЖТФ, **17**, 7, 839 (1947). ⁸ М. П. Арбузов, ЖТФ, **19**, 10, 1120 (1949). ⁹ Г. В. Курдюмов и Л. И. Лысак, ЖТФ, **17**, 943 (1947).