

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

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 <sup>(1)</sup> 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 <sup>(2)</sup>.

Полученные результаты, а также данные об изменении структуры твердого раствора при отпуске <sup>(3)</sup> 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  $Fe_3C$  <sup>(4, 5)</sup>. Это представление было использовано для постановки работ по изучению природы третьего превращения, в которых были получены важные данные о тепловых эффектах <sup>(4)</sup> и объемных изменениях <sup>(6)</sup>.

Данные о характере интерференционной картины карбидной фазы при отпуске ниже 300° были приведены и отличия ее от цементитной фазы было подтверждено в работе И. В. Исаичева <sup>(7)</sup>. 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 <sup>(8)</sup>.

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°.

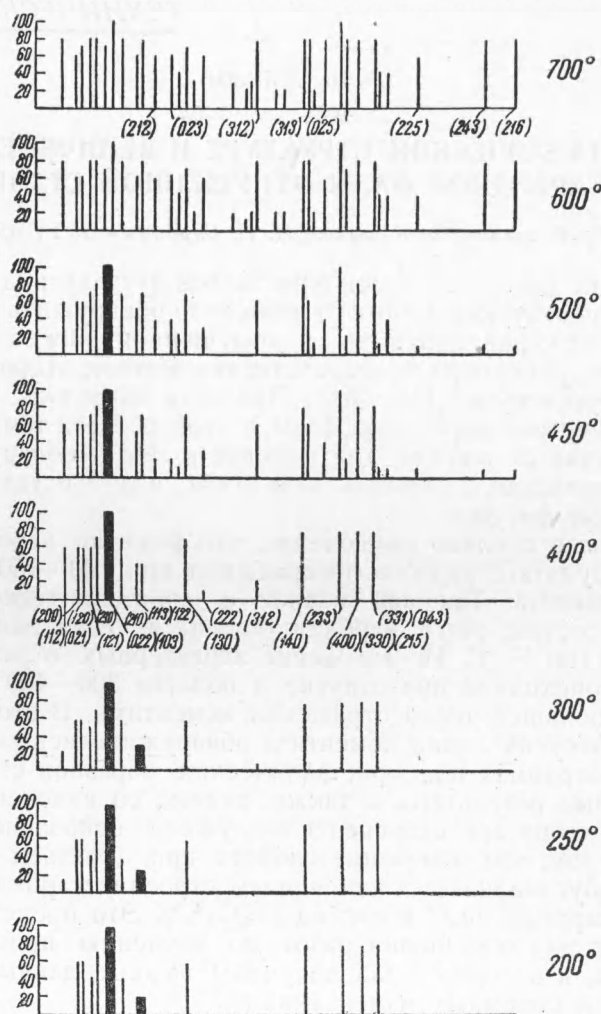


Рис. 1

Для повышения точности измерений применялась камера диаметром 156 мм. При определении истинной ширины линий делались поправки на дублет  $K_\alpha$  и геометрические условия съемки<sup>(9)</sup>. 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  $X, Y, Z$ ;  $\lambda$  — длина волны;  $\varphi$  — угол отражения и  $\beta$  — 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<sup>(8)</sup>, согласно которой степень расширения линий неодинакова и зависит от индексов граней. Наибольшее расширение имеют линии, у которых большей третий 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  $400^\circ$  идет дальнейшее расширение линий и исчезновение некоторых из них. На рентгенограмме отпуска  $200^\circ$  видно только 12 линий. Осадок стали, опущенной при  $150^\circ$ , дал рентгенограммы с сильным диффузным фоном без каких-либо линий.

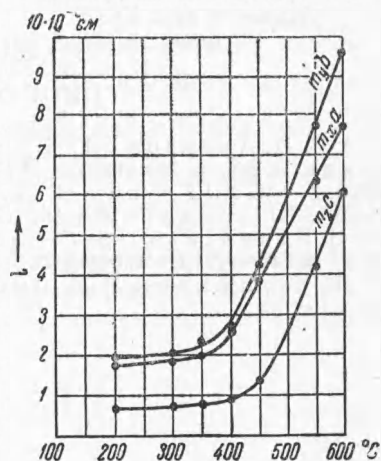


Рис. 2

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.

Таблица 1

$hkl$	Истинное уширение $\beta \times 10^{-2}$ мм							
	$700^\circ$	$600^\circ$	$550^\circ$	$450^\circ$	$400^\circ$	$350^\circ$	$300^\circ$	$200^\circ$
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<sup>(1)</sup>.

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 монокристалльных 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

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