

К. А. ОСИПОВ и Е. М. МИРОШКИНА

**ТВЕРДОСТЬ  $\gamma$ -ТВЕРДОГО РАСТВОРА СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО —  
УГЛЕРОД ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

(Представлено академиком Н. Т. Гудцовым 18 XII 1953)

Имеется мало работ, посвященных изучению механических свойств  $\gamma$ -твердого раствора системы железо — углерод при высоких температурах. М. А. Зайков (1) изучил изменение предела прочности раствора в функции концентрации углерода, температуры (до 1150°) и скоростей деформирования; в работе (2) указаны результаты изучения ползучести малоуглеродистого раствора (0,06% С углерода) при температурах 950—1400°.

Ниже приводятся наши экспериментальные данные по изучению твердости указанного раствора (аустенита) при температурах 910—1100°. Химический состав изученных сплавов приведен в табл. 1.

Сплавы, прокованные после отливки (70% деформации), отжигались 50 час. в эвакуированных кварцевых ампулах при температуре 1250°. Из отожженной заготовки сечением 15×15 мм были изготовлены опытные образцы размерами 3,5×5×55 мм. Твердость таких образцов определялась методом вдавливания в вакууме четырехгранной алмазной пирамиды с углом в 136° между противоположными гранями. Описание использованного прибора приведено в работе (3). Нагрузка на индентор была 1 кг, а продолжительность его выдержки на образце составляла 15—600 сек. При достижении образцом заданной температуры он выдерживался 1 час, и только после этого производилось испытание твердости.

Испытанию при температуре 910° предшествовали нагрев и выдержка образца в течение 1 часа при температуре 1000° и затем снова охлаждение до 910° и 15-минутная выдержка перед испытанием; предполагалось, что этим будет исключено влияние незавершенных фазовых превращений. Диагонали полученных отпечатков измерялись при комнатной температуре. После этих измерений все образцы были испытаны на твердость при комнатной температуре. Отпечатки индентора наносились на той же плоскости, что и в случае испытаний при высоких температурах.

Оказалось, что твердость сплавов при комнатной температуре, после того как они прошли испытание в вакууме при температурах 910—1100°, возрастала почти линейно с увеличением содержания в них углерода. Это указывает, очевидно, что при испытаниях в вакууме существенной потери углерода не происходило.

Полученные значения твердости графически представлены на рис. 1 и 2 в координатах процент углерода — твердость. Рис. 2 построен для темпе-

Таблица 1

№№ сплавов	Состав, %		
	С	Si	Mn
1	Железо армко		
2	0,36	0,17	0,33
3	0,60	0,20	0,31
4	1,04	0,13	0,20

ратуры, равной  $0,7 T_{пл}$ . Экспериментальные точки на диаграммах этих рисунков являются средними из 2—3 измерений твердости.

Приведенные данные и ранее известные факты для сплавов других систем позволяют сделать следующие выводы.

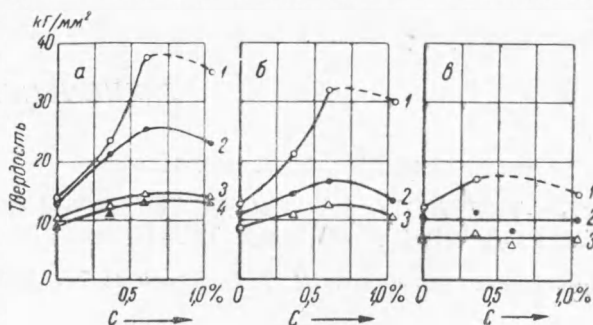


Рис. 1. Кривые твердости  $\gamma$ -твердого раствора системы железо — углерод в функции концентрации углерода и времени действия индентора при температурах: а —  $910^\circ$ , б —  $1000^\circ$ , в —  $1100^\circ$ . 1 — 15 сек., 2 — 1 мин., 3 — 5 мин., 4 — 10 мин.

1. В случае кратковременных испытаний при температурах  $910$ — $1100^\circ$  твердость аустенита тем выше, чем больше в нем содержание углерода. Подобной закономерности подчиняются также экспериментальные значения предела прочности, полученные для аустенита М. А. Зайковым (1).

Такая закономерность в изменении механических свойств указывает на наличие в решетке аустенита при высоких температурах больших искажений, созданных растворенным углеродом. Эти искажения могут сохраняться вблизи температур плавления сплавов, о чем можно судить на основании экстраполированных М. А. Зайковым (1) до температур выше  $1150^\circ$  значений предела прочности. Напомним, что «добавка углерода в железо уменьшает энергию связи решетки аустенита» (4).

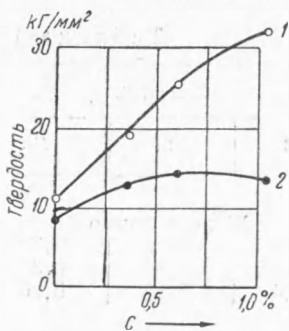


Рис. 2. Кривые твердости  $\gamma$ -твердого раствора системы железо — углерод в функции концентрации углерода и времени действия индентора при температуре  $0,7 T_{пл}$ . 1 — 1 мин., 2 — 5 мин.

2. В случае длительного действия индентора при высоких температурах обнаруживается, что аустенит деформируется тем быстрее, чем выше в нем содержание углерода. Это приводит к тому, что уже при температуре  $1100^\circ$  и времени действия индентора около 1 мин. полученные значения твердости аустенита не зависят от содержания в нем углерода.

Это указывает, что в высокоуглеродистом аустените быстро релаксируют напряжения, возникающие при действии индентора.

3. Результаты данной работы подтверждают ранее высказанное (5) положение: при длительном пластическом деформировании в условиях, благоприятных для развития диффузии, наибольшую разупрочняемость обнаруживают твердые растворы (с общим растворителем), имеющие наибольшие искажения в кристаллической решетке. Из фактора упрочнения при низких температурах эти искажения становятся фактором разупрочнения при высоких температурах. В последнем случае роль искажений в решетке может сводиться к тому, что они понижают как энергию активации для диффузии, так и энергию активации для пластического деформирования.

Соответственно высказанному положению будем дальше утверждать: при длительном деформировании в условиях, благоприятствующих существенному развитию диффузии, наибольшим сопротивлением пластическому деформированию могут обладать твердые растворы (и, вероятно, другие однофазные сплавы) с наибольшей прочностью межатомной связи и минимальными искажениями в кристаллической решетке.

Здесь имеются в виду искажения, могущие возникать в кристаллической решетке как за счет растворения легирующих атомов, так и за счет других факторов.

Институт металлургии им. А. А. Байкова  
Академии наук СССР

Поступило  
18 XII 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> М. А. Зайков, ЖТФ, **19**, в. 6 (1949). <sup>2</sup> P. Feltman, Iron Coal Trades Rev., **161**, 305 (1950). <sup>3</sup> Н. Т. Гудцов и др., Изв. АН СССР, ОТН, № 1 (1950). <sup>4</sup> П. Л. Грузин, Ю. В. Корнев, Г. В. Курдюмов, ДАН, **80**, № 1 (1951). <sup>5</sup> К. А. Осипов, С. Г. Федотов, ДАН, **85**, № 5 (1952).