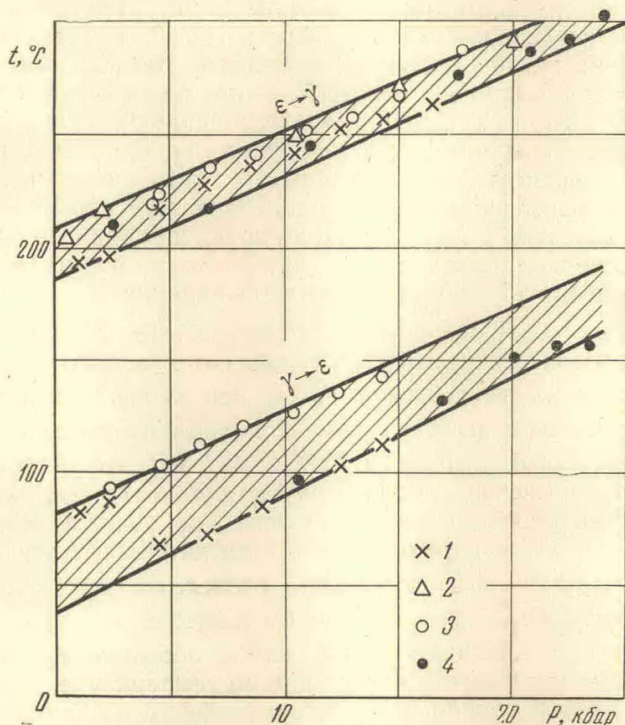


Ввиду того, что данные о свободной энергии  $\epsilon$ -фазы как функции температуры и концентрации отсутствуют, нельзя термодинамически рассчитать влияния давления на линии  $T_0^{\gamma-\epsilon}$  и  $T_0^{\epsilon-\gamma}$ .

Линии  $T_0^{\gamma-\epsilon} = f(C, P)$  можно приближенно провести по двум точкам — температурам  $(\gamma-\epsilon)$ -превращения чистого железа и сплава с 22.44 ат. % Mn при соответствующих давлениях. Как указывалось выше, экстраполяция



Фиг. 6. Влияние давления на  $\gamma \rightarrow \epsilon$  и  $\epsilon \rightarrow \gamma$  превращения сплава железа с 22.44 ат. % Mn; 1, 2 — образцы из кованных прутков; 3, 4 — образцы из прутков, подвергнутых термической обработке

данных о  $(\gamma-\epsilon)$ -превращении чистого железа при высоком давлении [15] к атмосферному давлению дает температуру 530° К. Скорость повышения ее с давлением  $dT/dP$  равна  $2 \pm 1$  град/кбар [15].

Температура  $T_0^{\gamma-\epsilon}$  при атмосферном давлении для сплава с 22.44% Mn, определенная по кривой  $T_0^{\gamma-\epsilon} = f(C)$ , равна  $\sim 420^\circ$  К (фиг. 3). Сплав с 22.44% Mn выбран ввиду того, что на нем удалось экспериментально исследовать влияние давления до 25 кбар на прямое ( $\gamma \rightarrow \epsilon$ )- и обратное ( $\epsilon \rightarrow \gamma$ )-превращения. Использован метод дифференциального термического анализа с фотозаписью [31] в условиях высоких гидростатических давлений. Применение этого метода к сплавам с более высоким (29.54 и 36.7% Mn) и более низким (14.7% Mn) содержанием марганца не увенчалось успехом.

Эталоном служил сплав Fe-Mn с 10.3% Mn, в котором в исследуемом температурном интервале превращение не наблюдалось. Давление создавали сжатием изопентана или силиконовых жидкостей (№ 5, ПМС-1,5). Давление измеряли с помощью манганинового манометра с точностью  $\pm 150$  атм. Температуру — термопарой хромель-алюмель с точностью до  $\pm 2^\circ$  С; поправку на влияние давления на термо э.д.с. не ввели.

Образцы исследовали в двух различных исходных состояниях:

1) выточенные из кованных прутков — (опыты 1, 2); 2) выточенные из прутков, подвергнутых диффузионному гомогенизирующему отжигу при  $1100^\circ\text{C}$  в течение 10 час с охлаждением на воздухе и затем отжигу при  $1100^\circ\text{C}$  в течение 20 мин также с охлаждением на воздухе (для снятия напряжений от механической обработки образцов) — опыты 3, 4. Термообработки прутков и образцов проводили в атмосфере аргона.

Результаты исследования показаны на фиг. 6. Температуры превращения для обеих групп образцов (независимо от исходного состояния) ложатся в полосу шириной около  $15^\circ$  — при нагревании (превращение  $\epsilon \rightarrow \gamma$ ) и  $30\text{—}40^\circ$  — при охлаждении (превращение  $(\gamma \rightarrow \epsilon)$ ). Как видно из графика, температуры прямого и обратного превращений повышаются с увеличением давления. Наклон кривых  $(\gamma \rightarrow \epsilon)$ - и  $(\epsilon \rightarrow \gamma)$ -превращений к оси давлений примерно одинаков и составляет  $4.5 \text{ град/кбар}$ . При применявшихся скоростях нагрева и охлаждения порядка  $20\text{—}30 \text{ град/мин}$   $(\gamma \rightleftharpoons \epsilon)$ -превращение происходит с гистерезисом около  $140^\circ$ , величина которого в пределах  $25 \text{ кбар}$  не зависит от давления.

Линии  $T_0^{\gamma-\epsilon} = f(C, P)$  построены для давлений 10, 20, 30, 40 и 50 кбар (см. фиг. 5). С увеличением давления повышаются температуры  $(\gamma \rightarrow \epsilon)$ -превращения, уменьшается наклон линий  $T_0^{\gamma-\epsilon}$  к оси концентраций и, вероятно, при достаточно высоком давлении знак их должен измениться.

Что касается линий равновесия  $T_0^{\alpha-\epsilon} = f(C, P)$ , то, с одной стороны, из-за отсутствия выражения свободной энергии для  $\epsilon$ -фазы невозможно провести термодинамический расчет, с другой стороны, не удастся непосредственно наблюдать фазовое  $(\alpha \rightarrow \epsilon)$ -превращение в этом интервале давлений. Поэтому линии  $T_0^{\alpha-\epsilon} = f(C, P)$  на фиг. 5 условно проведены через тройные точки, параллельно линии  $T_0^{\alpha-\epsilon}$  для атмосферного давления.

Из построенных диаграмм видно, что с повышением давления область устойчивости  $\alpha$ -фазы сужается как по температуре, так и по составу, а область относительной стабильности  $\epsilon$ -фазы, наоборот, расширяется. Тройные точки смещаются к более высоким температурам и более низким содержаниям марганца.

Из этих же диаграмм следует, что легирование железа марганцем снижает давление образования  $\epsilon$ -фазы.

Авторы благодарят Д. С. Каменецкую и И. Л. Аптекаря за интерес к работе, ценные советы и замечания.

Поступило 10 XI 1965

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Troiano A. R., McGuire F. T. A Study of the Iron-rich Iron-manganese Alloys. Trans. ASM, 1943, 31, 340.
2. Davis R. S. Phase Transformations in Iron at High Pressures. Iron and its Dilute Solid Solutions. New York — London, Interscience, 1963, p. 61.
3. Jones F. W., Pumphrey W. I. Free Energy and Metastable States in the Iron-Nickel and Iron-Manganese Systems. J. Iron and Steel Inst., 1949, 163, 121.
4. Fisher I. C. The Free Energy Change Accompanying the Martensite Transformation in Steels. J. Metals, 1949, 1, № 10, 688.
5. Kaufman L., Clougherty E. V., Weiss R. J. The Lattice Stability of Metals-III. Iron. Acta Metallurgica, 1963, 11, № 5, 323.
6. Kaufman L., Leyenaar A., Harvey J. S. The Effect of Hydrostatic Pressure on the f. c. c.  $\rightleftharpoons$  b. c. c. Reactions in Iron-base Alloys. Progress in Very High Pressure Research. Wiley, New York, 1961, p. 90.
7. Pearson W. B. A Handbook of Lattice Spacing and Structures of Metals and Alloys, 1958, 4. Pergamon Press, London, New York, Paris, Los Angeles, p. 125.