

$$\Delta F_{\text{Fe}}^{\gamma \rightarrow \alpha}(T) + 23.9P(-0.270 + 1.65 \cdot 10^{-4}T) - RT \ln \frac{1 - C_{\alpha}}{1 - C_{\gamma}} = 0 \quad (12)$$

Решая совместно уравнения (12) относительно C_{α} и C_{γ} при определенных T и P и учитывая, что $R \ln N = 4.575 \lg N$, получаем:

$$C_{\alpha} = \frac{10^B - 1}{10^{A+B} - 1} \quad \text{и} \quad C_{\gamma} = \frac{10^{A+B} - 10^A}{10^{A+B} - 1} \quad (13)$$

где

$$A(T, P) = \frac{\Delta H(T) + 1.84P - 45.65 \cdot 10^{-4}TP}{4.755T}$$

и

$$B(T, P) = \frac{\Delta F_{\text{Fe}}^{\gamma \rightarrow \alpha}(T) - 6.453P + 39.43 \cdot 10^{-4}TP}{4.575T}$$

Таким образом, рассчитаны концентрации марганца C_{α} и C_{γ} , соответствующие фазовым границам $\alpha/\alpha + \gamma$ и $\alpha + \gamma/\gamma$ при давлениях 10, 20, 30, 40 и 50 кбар, и построены диаграммы, показанные на фиг. 2. Температуры $\alpha \rightarrow \gamma$ перехода чистого железа при соответствующих давлениях взяты из работы [11].

Как видно из фиг. 2, с увеличением давления границы области стабильной устойчивости α -фазы и двухфазной области $\alpha + \gamma$ сдвигаются в сторону более низких температур и меньших концентраций марганца. Следовательно, понижая кривые $\alpha/\alpha + \gamma$ и $\alpha + \gamma/\gamma$ равновесий, всестороннее давление препятствует равновесному диффузионному распаду γ -твердого раствора, в связи с чем с увеличением давления начинает все большую роль играть диаграмма метастабильных равновесий также и для сплавов с невысоким содержанием марганца.

Диаграмма метастабильных равновесий сплавов Fe-Mn. При построении диаграммы метастабильных равновесий пересыщенных твердых растворов γ , α' и ϵ использовались следующие данные:

1) значения «относительных» свободных энергий α - и γ -фаз, известные для широкой области температур и концентраций [3];

2) температурные интервалы протекания прямого $\gamma \rightarrow \epsilon$ и обратного $\epsilon \rightarrow \gamma$ мартенситных превращений, определенные в ряде экспериментальных работ¹ [12-14];

3) известные величины свободной энергии чистых α - и γ -Fe при атмосферном давлении [4];

4) фазовая P - T -диаграмма чистого железа [15, 16].

Условиями рассматриваемых метастабильных равновесий $\gamma - \alpha'$, $\gamma - \epsilon$ и $\alpha' - \epsilon$ являются соответственно равенства свободных энергий пересыщенных твердых растворов данного состава: $F_{\gamma} = F_{\alpha'}$, $F_{\gamma} = F_{\epsilon}$ и $F_{\alpha'} = F_{\epsilon}$. Кривую $T_{0}^{\alpha' - \gamma}$ можно рассчитать, зная выражения для «относительных» свободных энергий α - и γ -фаз как функций температуры и концентрации [3]. Приравнявая друг другу выражения (1) и (2), получаем

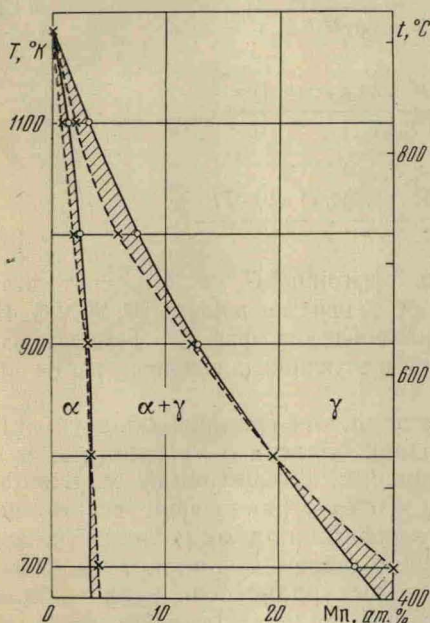
$$C_0 \Delta H(T) = (1 - C_0) \Delta F_{\text{Fe}}^{\gamma \rightarrow \alpha}(T_0)$$

откуда

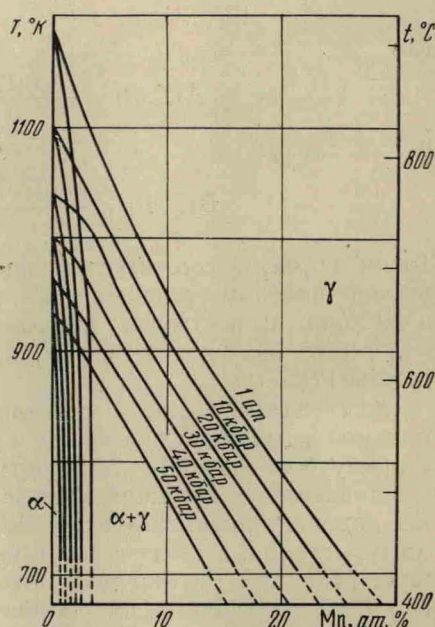
$$C_0 = \frac{\Delta F_{\text{Fe}}^{\gamma \rightarrow \alpha}(T_0)}{\Delta H(T_0) + \Delta F_{\text{Fe}}^{\gamma \rightarrow \alpha}(T_0)} \quad (14)$$

¹ Л. С. Ершова. Автореф. дис., Свердловск, 1962; В. Ф. Ерголаев. Автореф. дис., Свердловск, 1965.

Рассчитанная из уравнения (14) кривая $T_0^{\alpha-\gamma} = f(C)$, как и следовало ожидать, проходит между экспериментально полученными кривыми [1] зависимости мартенситных точек (T_m) для прямого $\gamma \rightarrow \alpha'$ и обратного $\alpha' \rightarrow \gamma$ мартенситных превращений и расположена ближе к кривой $T_m^{\alpha' \rightarrow \gamma}$ для превращений при нагреве (фиг. 3).



Фиг. 1. Стабильная фазовая диаграмма богатых железом сплавов Fe-Mn при 1 атм: штриховые линии — рассчитанная диаграмма при $\Delta F_{Fe}^{\gamma-\alpha}(T)$, взятых из работы [4]; сплошные линии — экспериментальная диаграмма [1]



Фиг. 2. Влияние давления на линии $\alpha/\alpha+\gamma$ и $\alpha+\gamma/\gamma$ равновесий стабильной фазовой диаграммы Fe-Mn

К сожалению, данные о зависимости свободной энергии ϵ -фазы от температуры и концентрации отсутствуют, и прямой расчет кривых $T_0^{\gamma-\epsilon}$ и $T_0^{\alpha-\epsilon}$ невозможен. Поэтому линия метастабильного равновесия γ - и ϵ -фаз была проведена на основании имеющихся экспериментальных данных о температурных интервалах $\gamma \rightarrow \epsilon$ - и $\epsilon \rightarrow \gamma$ -превращений. Температурные интервалы $\gamma \rightarrow \epsilon$ - и $\epsilon \rightarrow \gamma$ -превращений в сплавах Fe-Mn различного состава, полученные рядом авторов, нанесены на диаграмму, изображенную на фиг. 3. Как видно из фиг. 3, данные отдельных авторов довольно сильно отличаются друг от друга, что объясняется, по-видимому, высокой чувствительностью γ — ϵ -превращения к предварительной обработке сплавов. Тем не менее все значения температурных интервалов прямого и обратного превращений образуют две широкие полосы, не налагающиеся друг на друга и отделенные узким интервалом в 20—40° С.

Естественно предположить, что кривая $T_0^{\gamma-\epsilon}$ лежит внутри этого интервала. Наиболее вероятное положение ее обозначено на фиг. 3 штрихпунктирной линией. Экстраполяция линии $T_0^{\gamma-\epsilon}$ к чистому железу дает на оси температур точку 530° К. Это — температура метастабильного равновесия γ - и ϵ -модификаций чистого железа. Как известно, ϵ -фаза в чистом железе возникает как стабильная модификация при высоких всесторонних давлениях.