

Для расчета фазовых равновесий при наличии ϵ -фазы необходимо знать величины $\Delta F_{\text{Mn}}^{\gamma-\epsilon}(T)$ и $\Delta F_{\text{Mn}}^{\alpha-\epsilon}(T)$. $\Delta F_{\text{Mn}}^{\gamma-\epsilon}(T)$ можно определить, допустив, как и в случае $\Delta F_{\text{Mn}}^{\alpha-\gamma}(T)$, что она является линейной функцией температуры:

$$\Delta F_{\text{Mn}}^{\gamma-\epsilon}(T) = k_1 + k_2 T,$$

где k_1 и k_2 — константы. Из экспериментальных исследований, проведенных в работе [14], следует, что для сплава с 22,5 ат. % Mn температура $T_0^{\gamma-\epsilon}$ метастабильного равновесия мартенситных γ - и ϵ -фаз имеет значение 400° K, а наклон кривой $T_0^{\gamma-\epsilon}$ к оси давлений при этом равен 4,5 град/кбар. Используя эти данные, и учитывая, что на кривой $T_0^{\gamma-\epsilon}$:

$$\Delta G_{\text{Fe-Mn}}^{\gamma-\epsilon}(c_0, T_0, P) = \Delta F_{\text{Fe}}^{\gamma-\epsilon}(T_0, P) \cdot (1 - c_0) + \Delta F_{\text{Mn}}^{\gamma-\epsilon}(T_0, P) c_0 + P \Delta V_{\text{Fe-Mn}}^{\gamma-\epsilon}(c_0, T_0, P), \quad (10)$$

можно определить k_1 и k_2 . Применяя к уравнению (10) соотношения (7) и (8), определяя значения $\Delta F_{\text{Fe}}^{\gamma-\epsilon}(T_0)$ при помощи данных работы [15] и уравнения (4), и подставляя $\Delta V_{\text{Fe-Mn}}^{\gamma-\epsilon}$ из уравнения (26), получаем выражение для $\Delta F_{\text{Mn}}^{\gamma-\epsilon}(T)$ в виде

$$\Delta F_{\text{Mn}}^{\gamma-\epsilon}(T) [\text{кал/моль}] = 791 - 1,07T.$$

Теперь имеются все данные, необходимые для расчета границ областей $\epsilon/\epsilon + \gamma$ и $\epsilon + \gamma/\gamma$. Расчет проведен для атмосферного давления $P = 0$ кбар и давлений 30 и 40 кбар (рис. 1—3).

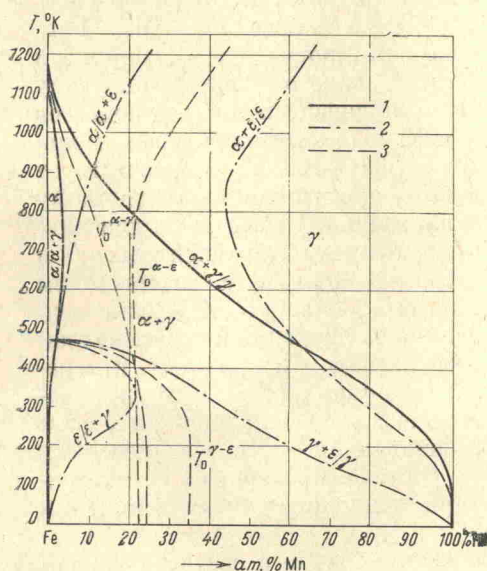


Рис. 1

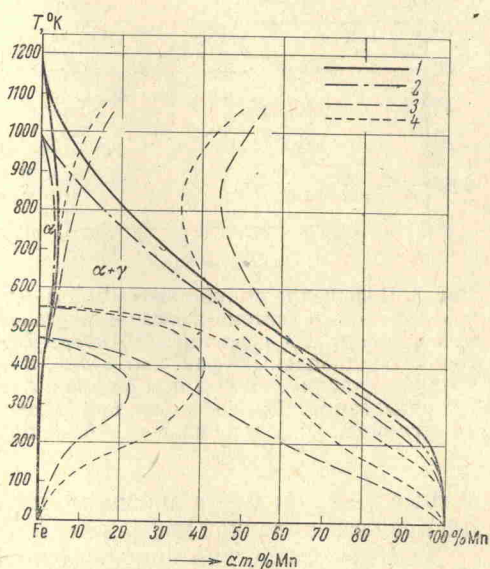


Рис. 2

Рис. 1. Рассчитанные линии равновесий $\alpha - \gamma$, $\gamma - \epsilon$ и $\alpha - \epsilon$ в системе железо — марганец при атмосферном давлении: 1 — границы стабильных фаз, 2 — границы метастабильных фаз, 3 — диаграмма метастабильных бездиффузионных мартенситных равновесий

Рис. 2. Положение линий равновесий $\alpha - \gamma$, $\gamma - \epsilon$ и $\alpha - \epsilon$ в системе железо — марганец при 1 атм и под давлением 30 кбар: 1 — границы стабильных фаз при 1 атм, 2 — границы стабильных фаз при 30 кбар, 3 — границы метастабильных фаз при 1 атм, 4 — границы метастабильных фаз при 30 кбар

Рассчитаны также кривые $\alpha/\alpha + \varepsilon$ и $\alpha + \varepsilon/\varepsilon$ при тех же давлениях (рис. 1—3). Величины $\Delta F_{\text{Fe}}^{\alpha-\varepsilon}(T)$ и $\Delta F_{\text{Mn}}^{\alpha-\varepsilon}(T)$, необходимые для этого расчета, получены сложением соответствующих разностей свободных энергий для $\alpha - \gamma$ и $\gamma - \varepsilon$ -превращений.

Вид рассчитанной для атмосферного давления диаграммы $\alpha - \gamma$ равновесия близок к виду экспериментальной диаграммы [4]. При атмосферном давлении ε -фаза не имеет области стабильности при всех температурах и для всех составов. Приложение высокого всестороннего давления сдвигает линии фазовых равновесий. На рис. 2 сопоставлены рассчитанные фазовые $T - c$ -диаграммы при 1 атм и 30 кбарах. Линии $\alpha/\alpha + \gamma$ и $\alpha + \gamma/\gamma$ заметно сместились в сторону более низких температур и меньших концентраций марганца.

При давлении 30 кбар равновесными по-прежнему остаются только α - и γ -фазы. Однако с повышением давления относительная термодинамическая устойчивость наиболее плотной ε -фазы увеличивается. При давлении 40 кбар (рис. 3) на фазовой диаграмме при содержаниях марганца $\sim 43 \div 50$ ат.% и температурах 430—520° К появляется область стабильной устойчивости ε -фазы. Слева и справа от нее расположены двухфазные

области $\alpha + \varepsilon$ и $\varepsilon + \gamma$. При дальнейшем увеличении давления область стабильной устойчивости ε -фазы будет непрерывно расширяться, а при давлении выше 110 кбар ε -фаза в некотором интервале температур будет стабильной и для чистого железа.

Расчет $T - c - P$ -диаграммы бездиффузионных мартенситных превращений в системе Fe—Mn. Равновесная диаграмма состояний в системе железо — марганец, ввиду вялости диффузионных процессов в γ -фазе при температурах, меньших 600—700° С, соответствует либо чрезвычайно медленному охлаждению γ -фазы, либо длительному отпуску мартенситных α' - и ε -фаз. В сплавах с содержанием марганца больше 3—4% даже медленное охлаждение не сопровождается распадом и приводит к переохлаждению γ -фазы. Как уже указывалось, переохлажденная γ -фаза в сплавах Fe—Mn в зависимости от состава претерпевает мартен-

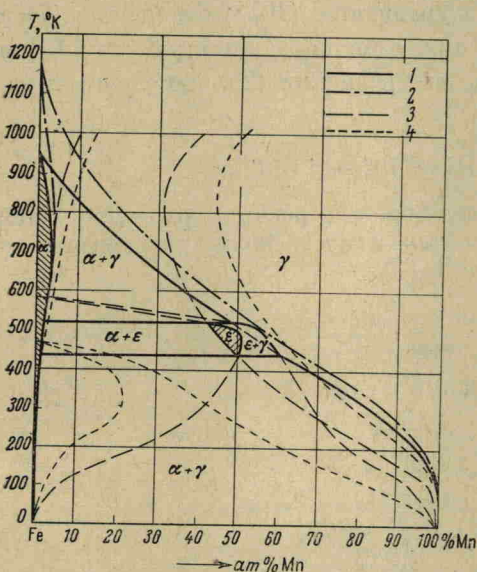


Рис. 3. Положение линий равновесий $\alpha - \gamma$, $\gamma - \varepsilon$ и $\alpha - \varepsilon$ в системе железо — марганец при 1 атм и под давлением 40 кбар: 1 — границы стабильных фаз при 1 атм, 2 — границы стабильных фаз при 40 кбар, 3 — границы метастабильных фаз при 1 атм, 4 — границы метастабильных фаз при 40 кбар

ситные $\gamma \rightarrow \alpha'$ и $\gamma \rightarrow \varepsilon$ -превращения как при дальнейшем охлаждении, так и в процессе холодной деформации.

Следовательно, для широкого интервала температур и составов наблюдаемые превращения в железо-марганцевых сплавах описывает не рассчитанная выше равновесная диаграмма состояний, а диаграмма метастабильных бездиффузионных равновесий, которая образована линиями $T_0^{i-j}(P, c)$ фазового равновесия между α -, γ - и ε -фазами при отсутствии процессов перераспределения компонентов. Вдоль кривых $T_0^{i-j}(P, c)$ удовлетворяется условие

$$\Delta G_{\text{Fe-Mn}}^{i-j}(c_0, T_0, P) = 0.$$