

Fig. 9. Effect of pressure on hardness and tensile properties in Fe-Mn alloys. The marks (\square) show the results obtained in specimens, which were quenched from 900°C at 35.5 kbar. The marks (\odot) are the results obtained after pressure treatment at 35.5 kbar, followed by heat treatment at 250°C and 1 atm to control the amount of ϵ phase to the same extent in specimens which were cooled at 1 atm.

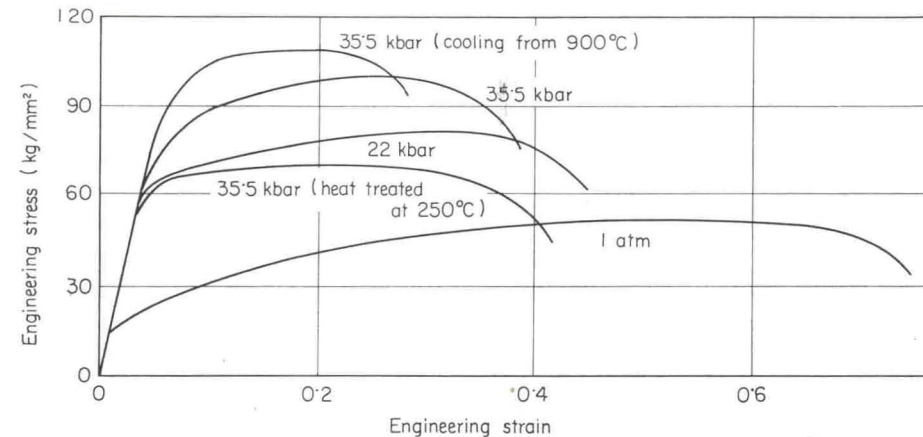
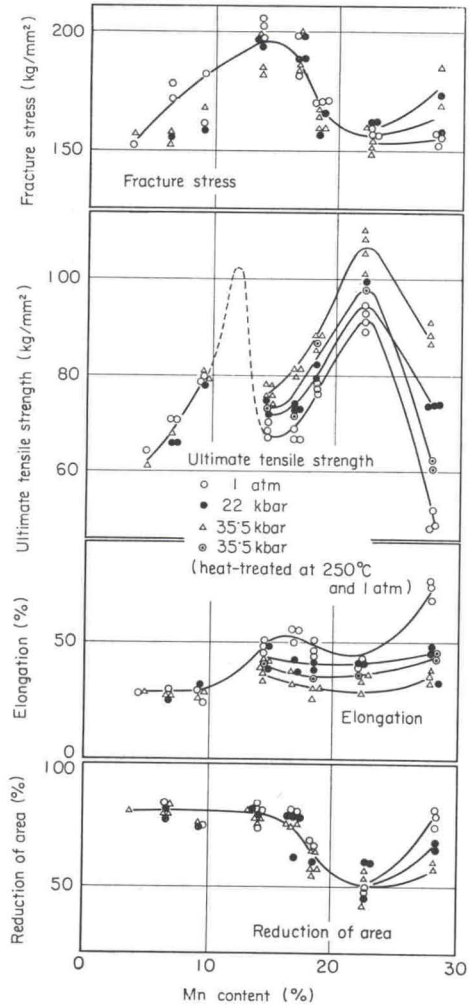


Fig. 10. Stress-strain curves for M-28 specimens which were treated at various pressures.

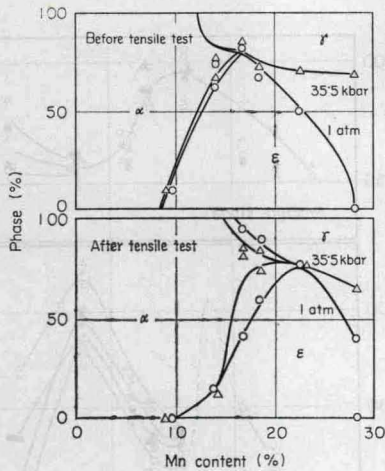


Fig. 11. Changes in the amounts of γ , ϵ and α phases due to tensile testing on Fe-Mn alloys treated at 1 atm and 35.5 kbar.

加圧しないときの強度まで低下しなかつたのは、加圧によつて変態が進行したため、変態歪の増加あるいは加圧によつて生じた加工硬化が 250°C 程度の加熱では緩和されなかつたためと考えられる。実際に、加圧した試料を電顕中で 400°C 程度まで加熱し、組織観察した結果、圧力処理をしなかつた試料よりも γ 相の双晶あるいは転位などが多く観察された。

4. 考 察

4.1 圧力による各変態開始温度の変化

これまでに報告されている熱力学データから各相間の自由エネルギー変化を求め、下記条件にしたがつて変態開始温度を予想し、実験値と比較してみた。

マルテンサイト変態が a, b の 2 相間で起こるためには、両相が平衡に存在する条件よりも、変態を起こすに必要な駆動力 (ΔG_v) だけ生成相が安定になることが必要である³⁰⁾。すなわち、次式が満足されなければならない。

$$\Delta G^{a \rightarrow b}(x, T, P) + \Delta G_v^{a \rightarrow b}(x, T, P) \leq 0 \dots (1)$$

ここで、 $\Delta G^{a \rightarrow b}(x, T, P)$ は a \rightarrow b 変態にともなう自由エネルギー変化で、組成 (x)、温度 (T) および圧力 (P) の関数である。この自由エネルギー変化は、次式

$$\Delta G^{a \rightarrow b}(x, T, P) \approx \Delta G_0^{a \rightarrow b}(x, T) + 23.9 \int_0^P \Delta V^{a \rightarrow b}(T) dP \dots (2)$$

に示すように、常圧におけるその変態の自由エネルギー変化 ($\Delta G_0^{a \rightarrow b}(x, T)$) を正則溶体近似により求め、圧力下で変態する際の仕事として、常圧下の変態による体積変化 ($\Delta V_0^{a \rightarrow b}(T)$) と圧力との積の項を加えて近似した。

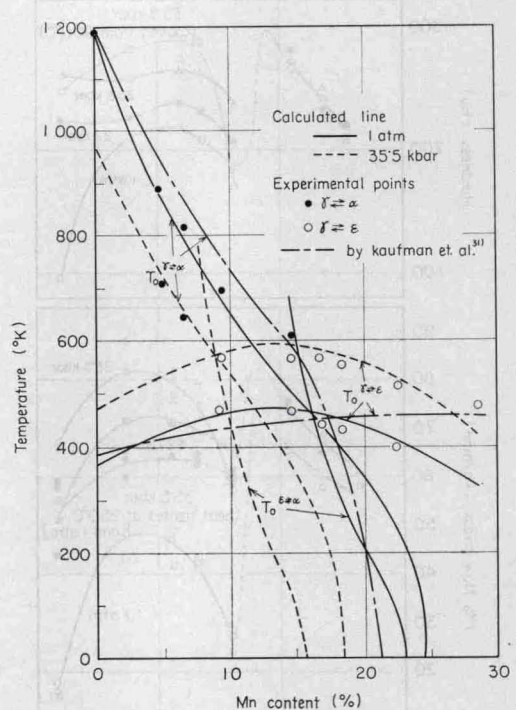


Fig. 12. The equilibrium temperature (T_0) for $\gamma \leftrightarrow \alpha$, $\gamma \leftrightarrow \epsilon$ or $\epsilon \leftrightarrow \alpha$ transformations in Fe-Mn alloys.

(2)式を計算するための熱力学データおよび計算方法の詳細は付録として示したので、ここでは簡単に述べる。熱力学データとしては $\gamma \leftrightarrow \alpha$ 変態については、BREEDIS³¹⁾らおよび今井ら³²⁾の値を、 $\gamma \leftrightarrow \epsilon$ 変態については、BLACKBURN ら⁵⁾、STEPAKOFF ら⁶⁾、BREEDIS³¹⁾および石田³³⁾の値を種々組合わせて用い検討した。また、各変態による体積変化については、KAUFMAN ら³⁴⁾の値を使用した。Fig. 12 は、各変態の $\Delta G^{a \rightarrow b}(x, T, P) = 0$ となる温度 (T_0) が実験値と比較的によく一致する場合について示したものである。Fig. 12 に示した、実験値の T_0 温度は、 $\gamma \leftrightarrow \alpha$ 変態において $\gamma \rightarrow \alpha$ と $\alpha \rightarrow \gamma$ の変態を起こすに必要な駆動力が等しいと仮定して、求めた温度である。他の $\gamma \leftrightarrow \epsilon$ 、 $\epsilon \leftrightarrow \alpha$ 変態などについても同じであると考えられる。したがって、 T_0 の実験値は $A_S^{b \rightarrow a}/2$ として求めた。その結果、 $\gamma \leftrightarrow \alpha$ 変態に関しては、今井ら³²⁾の式で $\Delta G_{Mn}^{\gamma \rightarrow \alpha}$ の第 2 項を省略し $\Delta G_{Mn}^{\gamma \rightarrow \alpha} = -2390 - 2.723T$ として計算し、 $\gamma \rightarrow \epsilon$ 変態については、 $\Delta G_{Fe}^{\gamma \rightarrow \epsilon}$ は STEPAKOFF ら⁶⁾、 $\Delta G_{Mn}^{\gamma \rightarrow \epsilon}$ は BREEDIS ら³¹⁾、 $\Delta Q_{FeMn}^{\gamma \rightarrow \epsilon}$ は石田ら³³⁾の数値を使用すると実験値と計算値とよく一致した。Fig. 12 中の KAUF-