

問1. 以下の問に答えよ。

- 1) 図1において、B金属の原子分率 x_B が 60 at%である A-60%B 合金（合金 X）を温度 T_0 まで加熱すると液相状態（L相）になる。合金 X を温度 T_1 の直下まで徐冷すると、 α 相が晶出開始する。この α 相中の B 金属の原子分率 $x_B^{\alpha 1}$ を図1から読み取れ。また、合金 X を温度 T_2 まで徐冷すると、L相と α 相の合金組成が変化する。この時の L 相と α 相中の B 金属の原子分率 x_B^{L2} と $x_B^{\alpha 2}$ を図1から読み取れ。
- 2) 合金 X を温度 T_3 の直上まで徐冷すると、L相と α 相の合金組成および量比が変化する。この時の L 相と α 相の量比を求めよ。また、温度 T_3 では不変系反応が進行する。この不変系反応の名称と反応式をそれぞれ記述せよ。更に、反応終了後、温度 T_3 の直下における α 相と β 相の量比を求めよ。
- 3) 合金 X を温度 T_4 の直上まで徐冷すると、 α 相と β 相の合金組成および量比が変化する。この時の α 相と β 相の量比を求めよ。また、温度 T_4 では不変系反応が進行する。この不変系反応の名称と反応式をそれぞれ記述せよ。更に、反応終了後、温度 T_4 の直下における β 相と γ 相の量比を求めよ。
- 4) 合金 X を温度 T_5 まで徐冷すると、 β 相と γ 相の合金組成が変化する。温度 T_5 における α 相、 β 相、 γ 相の Gibbs 自由エネルギー・組成曲線を図2に示す。この時の β 相と γ 相中の B 金属の化学ポテンシャル μ_B^β と μ_B^γ は図2の①～⑧の何れに対応するか。また、 β 相と γ 相中の B 金属の原子分率 $x_B^{\beta 5}$ と $x_B^{\gamma 5}$ は図2の⑨～⑫の何れに対応するか。
- 5) 次に、合金 X に A 金属を添加し、B 金属の原子分率 x_B が 30 at%である A-30%B 合金（合金 Y）を作製し、温度 T_5 において平衡状態に到達させた。この時の合金 Y における α 相と γ 相中の A 金属の化学ポテンシャル μ_A^α と μ_A^γ は図2の①～⑧の何れに対応するか。また、合金 Y における α 相と γ 相中の B 金属の原子分率 $x_B^{\alpha 5}$ と $x_B^{\gamma 5}$ は図2の⑨～⑫の何れに対応するか。

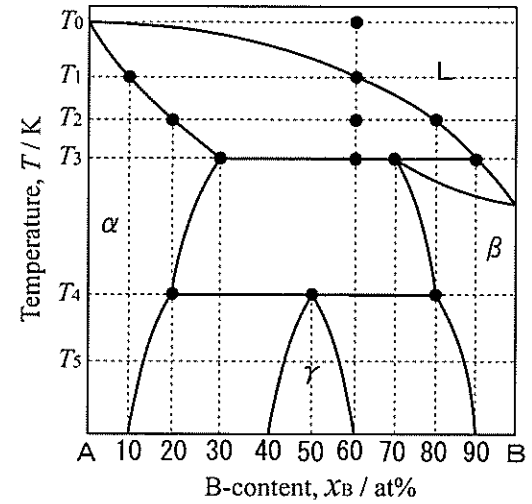


図1. 2元系平衡状態図（圧力一定条件）

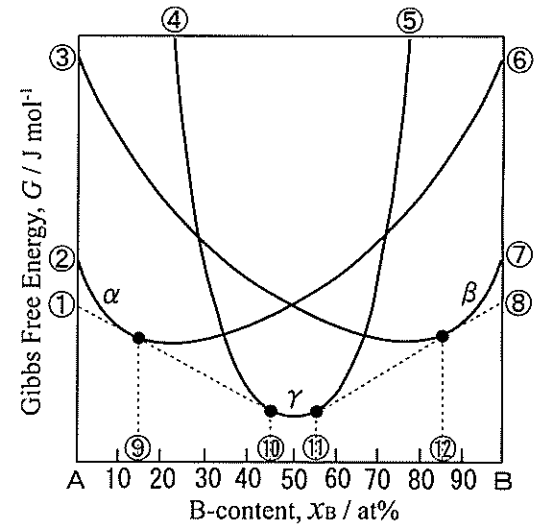


図2. 温度 T_5 における各相の $G-x_B$ 曲線

解答欄

金属材料学 2/3

問2. 以下の問に答えよ。

- 1) 平均結晶粒径 r のアルミニウム多結晶中の粒界に蓄えられた過剰自由エネルギー ΔG_B を r および粒界の界面張力 γ を用いて数式化せよ。ただし、結晶粒は球形であると仮定する。
- 2) 上述のアルミニウム多結晶を高温で加熱し粒成長させた。この時の結晶粒成長速度 dr/dt が ΔG_B に比例すると仮定して、微分方程式を立式せよ。ただし、比例定数を k とする。また、この微分方程式を解き、 r を時間 t の関数として数式化せよ。ただし、比例定数を K とする。
- 3) A 原子と B 原子の相互作用パラメーターの値が正の場合 ($\Omega_{AB} > 0$)、高温域で全率固溶状態の A-B 合金結晶を徐冷すると低温域において 2 相分離状態 (溶解度ギャップ) が出現する。2 元系平衡状態図において、この溶解度ギャップが出現する最高温度 (臨界温度 T_c) は次式で表記できることを証明せよ。ただし、気体定数は R とし、固溶体の Gibbs 自由エネルギーは正則溶体近似出来るものとする。

$$T_c = \frac{\Omega_{AB}}{2R}$$

- 4) 核発生-成長過程が律速となる分解型不変系反応における反応率 X と時間 t との関係式 (Johnson-Mehl-Avrami の式) を記述し、 X と t の関係をグラフ化せよ。ただし、過冷度と成長速度に関する定数を k 、反応様式に関する定数を n とする。
- 5) 生成相内での原子の拡散が律速となる加成型不変系反応における反応率 X と時間 t との関係式 (Einstein の式) を記述し、 X と t の関係をグラフ化せよ。ただし、過冷度と拡散速度に関する定数を k 、潜伏期を t_0 とする。

解答欄

問3. 以下の問に答えよ。

- 1) 図3の α 相, γ 相および δ 相の結晶構造を記せ。また, 図3の①, ②, ③の各領域では2相が共存する。各領域における相構成を記せ。なお, θ 相は Fe_3C 化合物相である。
- 2) 純鉄を 770°C 以上まで加熱すると磁石に付かなくなる。この 770°C における変態温度の名称を記せ。更に, 純鉄を 912°C 以上まで加熱すると同素変態が進行する。この 912°C における変態温度は, A_2 , A_3 , A_4 点の何れに対応するか。
- 3) 1147°C および 727°C で起こる不変系反応の名称をそれぞれ記せ。また, その時の反応式も記せ。
- 4) 炭素濃度が $0.77\text{wt}\%$ の炭素鋼 X を図3中の γ 相領域から室温付近まで徐冷すると層状組織が形成される。この組織の名称を記せ。また, この炭素鋼 X を γ 相領域から 300°C 付近まで急冷後, 300°C 付近にて長時間加熱すると等温変態後に針状組織が形成される。この組織の名称を記せ。
- 5) 炭素濃度が $0.02\text{wt}\% \sim 0.77\text{wt}\%$ の範囲にある炭素鋼 Y および $0.77\text{wt}\% \sim 2.14\text{wt}\%$ の範囲にある炭素鋼 Z の名称をそれぞれ記せ。

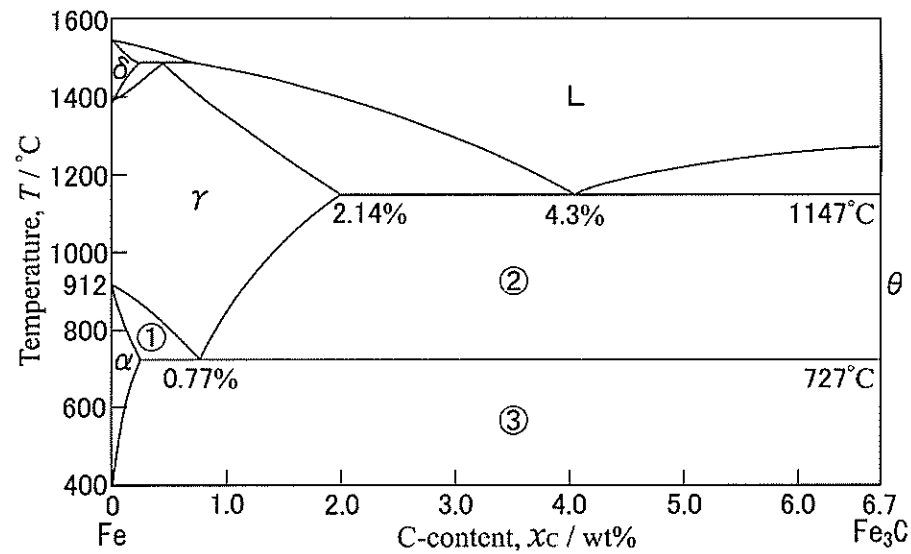


図3. Fe-Fe₃C系平衡状態図

解答欄