

平成 31 年度長崎大学大学院工学研究科

博士前期課程 総合工学専攻一般入試

化学・物質工学コース 専門科目 B

金属材料学

この分野の問題を選択する場合は左の枠内に○を付け、選択しない場合は×を付けること。

受験番号 _____

※用紙の 2 枚目以降には決して受験番号を記入しないこと。

この線の下には受験者は何も記入しないこと。

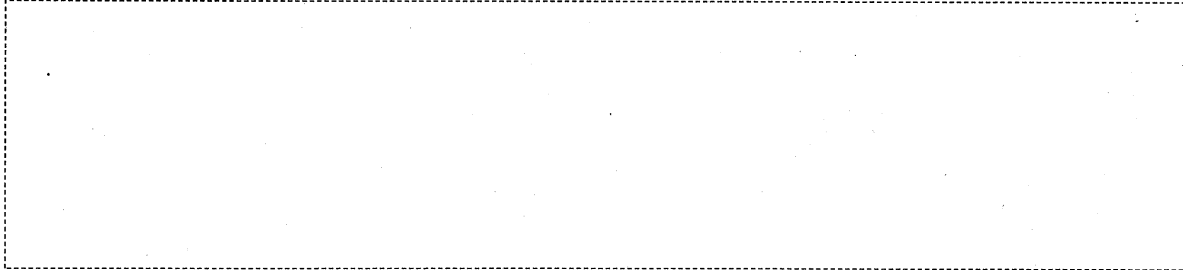
整理番号 _____

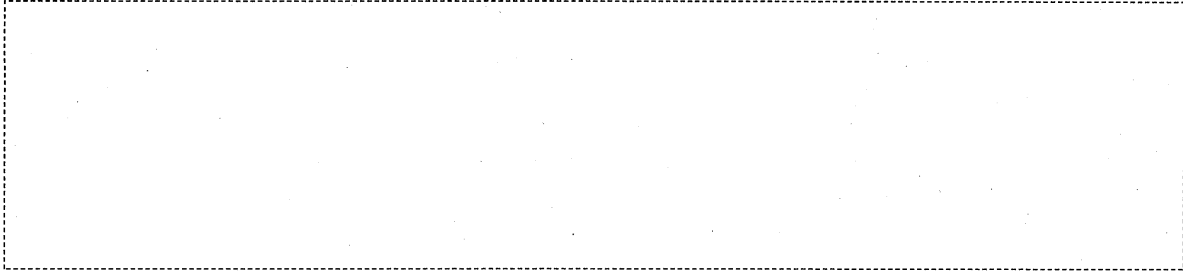
金属材料学 1/3

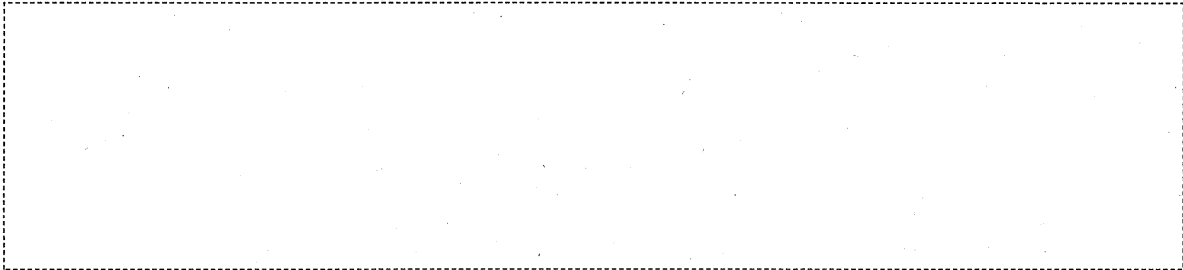
問1. 金属材料には銅系材料、アルミニウム系材料やチタン系材料などが存在するが、現在最も多く利用され、工業規模が極めて大きいものは鉄鋼材料である。それについて以下の問に答えよ。

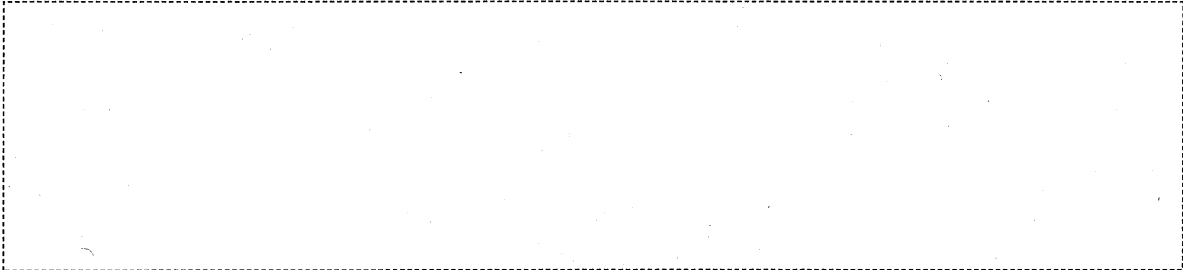
- 1) チタンは、クラーク数がマンガンよりも大きく、生体に毒性もなく強度も高い。それゆえチタン系材料は期待される金属材料であるが、鉄鋼材料ほど利用されていない。その理由について述べよ。
- 2) マグネシウムは、クラーク数がアルミニウムより小さいが、それでも豊富に存在する。しかも毒性もなくアルミニウムよりも軽いという利点があるにもかかわらず、マグネシウム系材料はアルミニウム系材料ほど広範に用いられていない。それについて結晶構造の観点から説明せよ。
- 3) 熱処理に関して、銅系材料、アルミニウム系材料と比較して鉄鋼材料が有する利点を述べよ。
- 4) 鉄鋼材料に関して、延性と引っ張り強さを共に上昇させるための手法について述べよ。

解答欄

1) 

2) 

3) 

4) 

金属材料学 2/3

問2. 以下の間に答えよ。

- 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になる。合金 X を温度 T_1 の直下まで徐冷すると、 L_1 相が相分離を開始する。この L_1 相中の B 金属の原子分率 x_B^{L1} を図1から読み取れ。また、合金 X を温度 T_2 の直上まで徐冷すると、 L_1 相と L_2 相の原子分率 x_B および量比が変化する。この時の L_2 相中の原子分率 x_B^{L2} を図1から読み取れ。また、 L_1 相と L_2 相の量比 ($L_1 : L_2$) を求めよ。
- 合金 X を温度 T_2 まで徐冷すると、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_2 の直下における γ 相と L_2 相の量比 ($\gamma : L_2$) を求めよ。
その後、合金 X を温度 T_3 の直上まで加熱し、再度、 L_1 相と L_2 相に2相分離させた後、それぞれを別々の容器に取り分けた。ここで、得られた L_1 相を合金 X_1 、 L_2 相を合金 X_2 とする。
- 合金 X_1 を温度 T_3 の直上まで徐冷すると、 L_1 相と γ_p 相 (初相) の原子分率 x_B および量比が変化する。この時の L_1 相と γ_p 相の原子分率 x_B^{L1} と $x_B^{\gamma p}$ を図1から読み取れ。また、 L_1 相と γ_p 相の量比 ($L_1 : \gamma_p$) を求めよ。
- 合金 X_1 を温度 T_3 まで徐冷すると、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 γ_e 相 (反応生成相) と γ_p 相の量比 ($\alpha : \gamma_e : \gamma_p$) を求めよ。
- 合金 X_2 を温度 T_4 の直上まで徐冷すると、 γ_p 相 (初相) と L_2 相の原子分率 x_B および量比が変化する。この時の γ_p 相と L_2 相の原子分率 $x_B^{\gamma p}$ と x_B^{L2} を図1から読み取れ。また、 γ_p 相と L_2 相の量比 ($\gamma_p : L_2$) を求めよ。
- 合金 X_2 を温度 T_4 まで徐冷すると、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 γ_p 相と γ_e 相 (反応生成相) と β 相の量比 ($\gamma_p : \gamma_e : \beta$) を求めよ。
- 温度 T_4 における α 相、 γ 相、 L_2 相、 β 相の Gibbs 自由エネルギー・組成曲線を図2に示す。温度 T_4 における合金 X_1 の α 相と γ 相の A 金属の化学ポテンシャル μ_A^α と μ_A^γ および合金 X_2 の γ 相と L_2 相と β 相の B 金属の化学ポテンシャル μ_B^γ と μ_B^{L2} と μ_B^β はそれぞれ図2の①~⑫の何れに対応するか。また、温度 T_4 における合金 X_1 の α 相と γ 相の原子分率 x_B^α と x_B^γ および合金 X_2 の γ 相と L_2 相と β 相の原子分率 x_B^γ と x_B^{L2} と x_B^β は図2の①~⑫の何れに対応するか。
- 次に、合金 X_1 と合金 X_2 を混合し、再度、合金 X と同じ組成にした後、温度 T_4 において平衡状態に到達させた結果、ある単相が得られた。この単相は α 相、 γ 相、 L_2 相、 β 相の何れに対応するか。

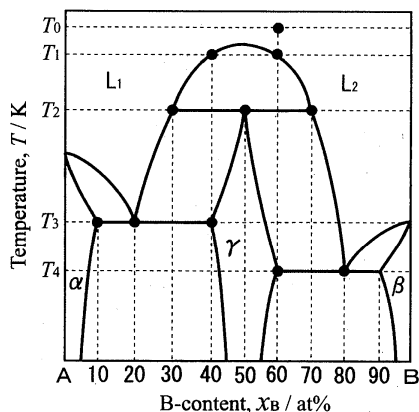


図1. 2元系平衡状態図 (圧力一定条件)

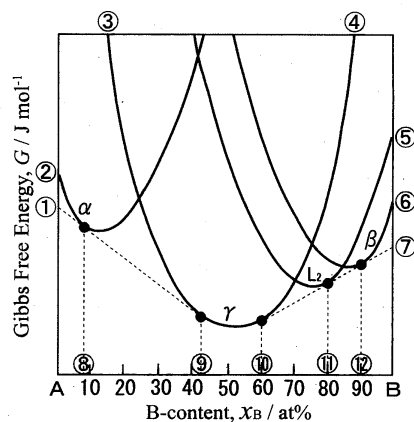


図2. 温度 T_4 における各相の $G-x_B$ 曲線

解答欄

- $x_B^{L1} = \underline{\hspace{2cm}} \%$, $x_B^{L2} = \underline{\hspace{2cm}} \%$, $L_1 : L_2 = \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}}$
- $\underline{\hspace{2cm}}$ 反応, $\underline{\hspace{2cm}} \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$, $\gamma : L_2 = \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}}$
- $x_B^{L1} = \underline{\hspace{2cm}} \%$, $x_B^{\gamma p} = \underline{\hspace{2cm}} \%$, $L_1 : \gamma_p = \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}}$
- $\underline{\hspace{2cm}}$ 反応, $\underline{\hspace{2cm}} \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$, $\alpha : \gamma_e : \gamma_p = \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}}$
- $x_B^{\gamma p} = \underline{\hspace{2cm}} \%$, $x_B^{L2} = \underline{\hspace{2cm}} \%$, $\gamma_p : L_2 = \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}}$
- $\underline{\hspace{2cm}}$ 反応, $\underline{\hspace{2cm}} \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$, $\gamma_p : \gamma_e : \beta = \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}} : \underline{\hspace{2cm}}$
- 合金 X_1 の各相の μ_A ($\mu_A^\alpha : \underline{\hspace{2cm}}$, $\mu_A^\gamma : \underline{\hspace{2cm}}$), 合金 X_2 の各相の μ_B ($\mu_B^\gamma : \underline{\hspace{2cm}}$, $\mu_B^{L2} : \underline{\hspace{2cm}}$, $\mu_B^\beta : \underline{\hspace{2cm}}$)
合金 X_1 の各相の x_B ($x_B^\alpha : \underline{\hspace{2cm}}$, $x_B^\gamma : \underline{\hspace{2cm}}$), 合金 X_2 の各相の x_B ($x_B^\gamma : \underline{\hspace{2cm}}$, $x_B^{L2} : \underline{\hspace{2cm}}$, $x_B^\beta : \underline{\hspace{2cm}}$)
- $\underline{\hspace{2cm}}$ 相

金属材料学 3/3

問3. 以下の問に答えよ。

- 1) Fe, Al, Cu, Zn, Sn, W, Mo の融点は 3399°C, 2500°C, 1534°C, 1083°C, 660°C, 419°C, 232°C の何れかである。各々の金属の融点を答えよ。また、この7種類の金属の中から室温での結晶構造が bcc となる金属を3種類選び、解答欄に記入せよ。
- 2) 体積 V_0 の過冷固溶体に時効処理を施したところ、ある時刻 t までの間に z 個の結晶核が発生し、それぞれが v_i ($i=1\sim z$) の拡張体積を有していた。時効析出反応の進行率を X とした場合、未変化領域の割合 $(1-X)$ は任意に選んだ箇所がどの析出相にも属さない確率に等しくなると仮定し、 $(1-X)$ を V_0 および v_i ($i=1\sim z$) で表記せよ。また、得られた式の両辺の対数を取り、拡張体積の総量を $V_{ex} = v_1 + v_2 + \dots + v_z$ とした場合、 X を V_0 と V_{ex} で表記せよ。ただし、近似式 $\ln(1+x) \approx x$ を利用せよ。
- 3) 体積 V_0 の過冷固溶体中で、ある時刻において単位体積当たり n_0 個の結晶核が一斉に発生するものと仮定する。ただし、半径 r の結晶核は一定の線速度 s で球状に成長し、核発生から時間 t 経過後の結晶核半径は $r = st$ とする。この時の V_{ex} を V_0, n_0, s, t で表記せよ。更に、得られた式を前述の X の式に代入し、同時核生成型の JMAK 式を完成せよ。
- 4) 体積 V_0 の過冷固溶体中で、ある時刻において最初の結晶核 A_1 が発生後、単位体積・単位時間当たり一定の個数 I で結晶核が次々に発生するものと仮定する。ただし、最初の結晶核 A_1 発生から時間 τ 経過後 (時刻 τ)、新たに発生した結晶核 A_r は一定の線速度 s で球状に成長し、最初の結晶核 A_1 発生から時間 t 経過後 (時刻 t) の結晶核半径は $r = s(t - \tau)$ とする。この結晶核 A_r の時刻 t における拡張体積 v_r を s, t, τ で表記せよ。また、時刻 τ から $\tau + d\tau$ の間に発生した結晶核の数 $N_{d\tau}$ を、 $V_0, I, d\tau$ で表記せよ。
- 5) 拡張体積 v_r および結晶核の数 $N_{d\tau}$ を利用して、時刻 t における拡張体積の総量 V_{ex} を積分計算し、 V_{ex} を V_0, I, s, t で表記せよ。また、得られた式を前述の X の式に代入し、定率核生成型の JMAK 式を完成せよ。更に、 X と t の関係をグラフに描け。
- 6) マルテンサイト変態においては、母相オーステナイトの晶癖面でレンズ状結晶核が生成する。このときの Gibbs 自由エネルギー変化 ΔG を式で表せ。ただし、マルテンサイト単位体積当たりの自由エネルギー変化を Δf 、界面エネルギーを γ 、弾性エネルギー定数を A 、臨界核の長軸半径を x 、短軸半径を y とする。
- 7) ΔG を x および y で偏微分し、臨界半径 x_c および y_c を求めよ。
- 8) x_c および y_c を利用して、核生成に必要な活性化エネルギー W を求めよ。

解答欄

1) Fe = _____ °C, Al = _____ °C, Cu = _____ °C, Zn = _____ °C, Sn = _____ °C, W = _____ °C, Mo = _____ °C

bcc 金属 : _____, _____, _____

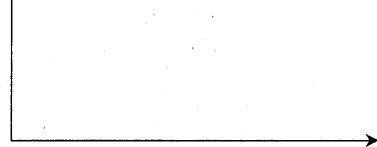
2) $(1-X) =$ _____, $X =$ _____

3) $V_{ex} =$ _____, $X =$ _____

4) $v_r =$ _____, $N_{d\tau} =$ _____

5) $V_{ex} =$ _____, $X =$ _____

↑ X と t の関係



6) $\Delta G =$ _____

7) $x_c =$ _____, $y_c =$ _____

8) $W =$ _____