

平成22年度技術士第二次試験問題〔金属部門〕

選択科目【7-3】金属材料

1時30分～5時

I 次の2問題（I-1，I-2）について解答せよ。

I-1 次の6設問のうち3設問を選んで解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

I-1-1 金属及び合金（又は化合物）の物性に関する(1)～(3)の項目から1項目を選び、各項目に列挙した代表的な①～④の物理的性質（状態）について、それぞれの性質（物性）を有する金属又は合金（又は化合物）の例を挙げた上で、その物理的性質（状態）の特徴について簡潔に述べよ。

(1) 金属の結合状態：①金属結合，②遷移金属結合，③イオン結合，④共有結合

(2) 半導体の種類：①真性半導体，②p型半導体，③n型半導体，④化合物半導体

(3) 磁性体の種類：①強磁性，②反強磁性，③フェリ磁性，④ヘリカル磁性

I-1-2 実用鋼に添加される0～2.0 mass%までの炭素含有鋼について、鉄(Fe)－炭素(C)二元系平衡状態図を図示し、鋼の組織形成上重要な温度(°C)，炭素濃度(mass%)，平衡相の名称と結晶構造を図中に記入せよ。その上で、鋼の凝固割れと密接に関係する“包晶反応”と、鋼の組織制御上重要な“共析変態”について、それぞれ図中に明記した上で各々の相分解過程について簡潔に述べよ。

I-1-3 非鉄金属材料であるAl，Ti，Mgに関して以下の問いに答えよ。

(1) Al系，Ti系，Mg系実用合金における代表的な相の結晶構造について図示して述べよ。

(2) 3つの材料の弾性率と密度を比較することにより、構造材料としての用途について簡潔に述べよ。

(3) 3つの材料における変形機構及び強化機構について、組織と関連させて簡潔に述べよ。

I-1-4 物質の誘電的性質に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 誘電性, 圧電性, 焦電性, 強誘電性の関係を説明せよ。
- (2) 結晶中の分極の主な4つの機構について説明せよ。
- (3) 分極率の周波数依存性及びその測定原理について簡潔に述べよ。

I-1-5 大型構造物, 大型圧力容器, 発電設備, 大型化学プラントなどにおいては,

①疲労破壊, ②応力腐食割れ, ③遅れ破壊, ④クリープ破断, などの損傷の克服が極めて重要な課題である。以下の問いに答えよ。

- (1) ①~④の破壊機構について説明せよ。
- (2) 実機で上記の4つの破壊現象が生じる具体的な事例について簡潔に述べよ。
- (3) それぞれの破壊現象に対する対策について簡潔に述べよ。

I-1-6 引張り試験法は, 金属及び合金の機械的諸特性を知る上で最も普遍的かつ汎用的な方法である。取り分け, 均一変形時の流動応力の変化と塑性変形の様子を知ること

は, 金属及び合金の諸性質を的確に把握する上で極めて有効である。そこで, 以下の(1)~(3)の特性値について, それらの物理的意味, 測定法(求め方), 測定値と密接に関係する機械的性質について述べよ。

- (1) 加工硬化指数 (n 値)
- (2) ひずみ速度感受性指数 (m 値)
- (3) 塑性異方性 (r 値)

I-2 次の4設問のうち1設問を選んで解答せよ。(答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、答案用紙3枚以内にまとめよ。)

I-2-1 金属及び合金の代表的な強化手法として、①固溶強化、②析出強化(分散を含む)、③細粒化強化(粒界強化)、④加工強化(転位強化)が知られている。(鉄鋼材料で多用される変態強化は除く。)そこで、以下の問いに答えよ。

(1) ①～④の強化手法について、その強化機構を転位論に基づいて述べよ。

(以下のパラメータに関しては定義する事無く適宜使用して良い。その他必要なパラメータに関しては適宜定義して使用すること。)

応力及び応力上昇量： σ ， $\Delta\sigma$

溶質元素濃度： C

剛性率： μ

結晶粒径： d

析出物又は分散粒子半径： r

析出物又は分散粒子間隔： L

析出物又は分散粒子による母相の格子ひずみ： ε

析出物又は分散粒子の体積率： f

第二相体積率： V_f

転位のバーガースベクトル： b

転位密度： ρ

(2) (1)で挙げた強化手法のうちいずれか1つについて、具体的な化学成分例を示した上で、その強化の限界と製造上の課題について述べよ。

(3) (2)で例示した組成の金属及び合金について、強度特性を維持しながら省合金化あるいは安価成分への置換を実現するための方策について考察せよ。

I-2-2 金属及び合金の機械的、物理的、化学的性質などは、その金属組織や相構造を適正に制御する事によって向上する。①結晶粒の形態制御、②構成相の複合化又は複層化、③金属組織の傾斜化、④結晶方位分布密度の制御（集合組織制御）などはその一例である。そこで、以下の問いに答えよ。

(1) ①～④の方法によって特性向上が図られる金属及び合金の事例を、それぞれのケースについて挙げ、組織制御によって向上する特性と組織との因果関係について述べよ。

(2) (1) で挙げた事例のうち1例について、その特性向上のメカニズムについて物理的意味を踏まえて考察せよ。

(3) 新材料、新機能創成の観点から、金属組織制御の意義について考えている所を述べよ。

I-2-3 元素戦略における重要な施策は、①合金使用量の低減、②希少金属元素の代替、③金属資源の循環使用、④元素使用の規制などである。そこで、以下の問いに答えよ。

(1) ①～④の施策について元素戦略上重要となる事例をそれぞれのケースについて挙げ、その内容について述べよ。

(2) (1) で挙げた事例のうち1例について、対象とした元素の役割について物理的意味を踏まえて考察せよ。

(3) 元素戦略の意義について考えている所を述べよ。

I-2-4 環境負荷を考慮したエネルギーの高効率利用に関して、①火力発電、②原子力発電、③太陽光発電、④風力発電、⑤バイオマス発電、などにおける技術革新が求められている。そこで、以下の問いに答えよ。

(1) ①～⑤の発電方式から3つを選んで、その発電原理を図示して述べよ。

(2) (1) で述べた3つの発電方式における、材料面での技術課題及びそれらを解決するための方策について述べよ。

(3) エネルギーの高効率利用における金属材料の役割について考察せよ。