

平成23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 以下の(1)～(3)の問いのうち1つを選んで解答せよ。

- (1) 二元系合金状態図における4つの基本型（①共晶型，②全率固溶型，③偏晶反応型，④包晶反応型）を図示し，それぞれの反応を具体的な合金系を例示して述べよ。
- (2) 鉄鋼材料の代表的な加工熱処理である，①オーステンパー，②オースフォーム，③マルテンパー，④サブゼロ処理について，TTT図上に図示し，それぞれの処理の冶金的な意義と適用事例について述べよ。
- (3) 鉄鋼材料の脆化現象の代表例である，①赤熱脆性，②青熱脆性，③焼戻し脆性，④475℃脆性について，それぞれの脆化現象の特徴，脆化の主因とその対策について述べよ。

I-1-2 非鉄金属及び非鉄合金の変形に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 金属結晶は転位運動によって塑性変形する。代表的な結晶構造である面心立方構造，及び六方最密充填構造の模式図を示しながら，これら結晶の転位すべり系について述べよ。
- (2) 多結晶金属における転位運動の特徴を模式的に図示し，Al系，Mg系実用合金の変形挙動の特徴，及び強化機構の違いを簡潔に述べよ。
- (3) 金属原子が，ランダムな配列でほぼ最密充填された非晶質（アモルファス）固体の変形機構，及び機械的特性について簡潔に述べよ。

I-1-3 以下の(1)~(3)の問いのうち1つを選んで解答せよ。

- (1) 金属及び合金の主な硬さ試験法を4例挙げ、それらの測定原理を図示し、それらが適用される被測定材について具体的に述べよ。
- (2) 金属材料の表面粗さを表現する代表的パラメータである、①Rz (旧 JIS : Ry), ② Rzjis (旧 JIS : Rz), ③Ra, ④Rq (旧 JIS : RMS) について、粗さ曲線を模式的に図示した上で、それぞれのパラメータの定義を述べよ。
- (3) 金属材料の破壊靱性を評価する代表的パラメータである、①応力拡大係数 : K, ②平面ひずみ破壊靱性値 : K_{IC} , ③亀裂先端開口変位 : CTOD, ④弾塑性破壊靱性値 : J_{IC} について測定方法を図示し、それぞれのパラメータの意味するところを述べよ。

I-1-4 以下の(1)~(6)に示す金属材料のうち3つを選び、具体的な合金や化合物を例示し、それぞれについて環境・エネルギー問題に果たす役割、求められる基本性能、改善すべき課題点について簡潔に述べよ。

- (1) 水素吸蔵合金
- (2) 燃料電池用触媒
- (3) 希土類磁石材料
- (4) 熱電変換材料
- (5) 超耐熱合金
- (6) 構造用軽量合金

I-1-5 多結晶金属材料の物理的あるいは機械的特性は、結晶集合組織によって様々な異方性を呈する。そこで、金属材料の集合組織及びその制御に関して以下の問いに答えよ。

- (1) 立方晶系の多結晶金属板においてGOSS方位として知られる $\{110\}\langle 001\rangle$ 方位を、 $\{100\}$, $\{110\}$, $\{111\}$ の各正極点図上に(●)で図示せよ。
- (2) 異方性を付与して使用される金属材料の具体例を1つ挙げて、好適な主方位とその制御方法について述べよ。
- (3) 上記具体例における異方性制御の課題とその対策について述べよ。

I-1-6 金属材料のマイクロ構造・組織の解析には、X線、電子線、中性子線が用いられる。以下の問いに答えよ。

- (1) 実際の材料計測に用いられるX線、電子線、中性子線のそれぞれの特徴について、散乱過程、典型的な波長及び透過力を含めて簡潔に述べよ。
- (2) 次のような材料解析を行う際、X線、電子線、中性子線のいずれを用いてどのような測定を行えばよいか。(a)～(e)の項目から2項目を選択し、具体的な測定法をその理由も併せて簡潔に述べよ。
 - (a) Al合金中に微細に析出した相の結晶構造の同定と組成分析
 - (b) 水素吸蔵合金の結晶構造中における水素侵入位置
 - (c) スピノーダル分解型組織の濃度変調周期
 - (d) γ/γ' 2相整合組織Ni基合金の界面格子ミスフィット
 - (e) 比較的大型な金属板材 (>～数cm) 内部の歪み状態

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

I-2-1 近年の計算機能力の飛躍的な向上に伴い、金属材料の構造・組織や力学特性を、原子レベルのオーダーからマクロスケールまで系統的に扱うマルチスケール解析が盛んに行われつつある。以下の問いに答えよ。

- (1) 構造用金属材料のスケールを、おおまかに①原子スケール ($10^{-10}\sim 10^{-7}$ m) ②結晶粒組織スケール ($10^{-6}\sim 10^{-3}$ m) ③材料実寸スケール ($10^{-2}\sim 10^1$ m) に分類したとき、それぞれの階層において解析しうる構造・組織や力学特性に関して、適切なシミュレーション法を示しながら述べよ。
- (2) 軽量構造材料に関する以下の課題から1つを選択し、その開発に当たってマルチスケール解析が果たすべき役割を、主要となるパラメーターを挙げながら具体的に述べよ。
 - [a] 自動車用マグネシウム合金の開発
 - [b] 航空機ジェットエンジン用金属間化合物材料の開発
 - [c] 宇宙往還機用の炭素繊維強化金属材料の開発
- (3) 広範なスケールでの計算機シミュレーションに基づいて新機能物質、新材料の設計を試みることの意義について、考えるところを述べよ。

I-2-2 大型鋼構造物，各種大型プラント，大型船舶などで起こる構造用金属材料の時間依存型の破壊現象の克服は，安全・安心な社会を構築する上で重要な課題である。そこで，代表的な破壊現象である①疲労破壊，②応力腐食割れ，③遅れ破壊，④クリープ破壊について，以下の問いに答えよ。

- (1) ①～④の破壊現象について，それぞれの破壊の支配因子と破壊に至る素過程を図示し，金属組織と関連付けて述べよ。
- (2) ①～④の破壊現象を定量的に評価するための計測方法と破壊限界の求め方を図示せよ。
- (3) ①～④の破壊現象のうち1例を取り上げて，重大事故につながった事例を紹介し，取られた対策の妥当性について考察せよ。

I-2-3 代表的なベースメタルである，鉄(Fe)・銅(Cu)・アルミニウム(Al)は，今後資源の安定的確保と有効な資源リサイクルが重要となる。そこで，1つの元素を選んで，LCA (Life Cycle Assessment) に基づいて以下の問いに答えよ。

- (1) 素材のライフサイクルを流れ図で示し，そのライフサイクルにおけるインプット（原材料，エネルギーなど）とアウトプット（環境負荷物質，再生資源など）を図に追記せよ。
- (2) 省資源，省エネルギー，環境負荷低減，品質管理及び品質保証の観点で留意すべき点を列記し，それらの対策について述べよ。
- (3) さらに，3R (Reduce, Reuse, Recycle) の視点から金属資源の有効利用策について考察せよ。

I-2-4 現在，我々の生活を支える基盤材料には多種多様な希少金属が用いられている。資源小国である我が国においては，希少金属使用量の低減，及び代替物質の開発といった元素戦略が今後ますます重要な課題となる。以下の問いに答えよ。

- (1) 具体的な希少金属を3つ挙げ，それぞれについて①それが用いられている材料，②希少金属が特性に果たす役割，③産業分野を述べよ。
- (2) (1) で挙げた3事例のうち1例について，元素戦略による問題解決を目指す材料学的アプローチについて考察せよ。
- (3) 希少金属の代替物質の開発は，元素固有の特性制御を目指す点において，現代の錬金術であると言える。その意義，可能性について考えるところを述べよ。