

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 金属材料は優れた展延性を示し、我々の社会基盤を支える構造材料として各所に用いられている。以下の問いに答えよ。

- (1) 金属結晶性材料が延性を示す理由を、金属結合及び転位運動の観点から述べよ。また、延性は「構造敏感な特性」と呼ばれるが、その意味を説明せよ。
- (2) 典型的なアルミニウム合金の応力-歪み線図を模式的に描け。図を用いて、①ヤング率、②0.2%耐力、③加工硬化指数、及び④じん性について簡潔に述べよ。
- (3) 現在実用化されている構造用金属材料を1つ挙げ、その①機械特性の特徴、②用途、及び③さらに改善すべき点について、それぞれ簡潔に述べよ。

I-1-2 以下の(1)～(3)の問いのうち1つを選んで解答せよ。

- (1) 鉄鋼材料の焼入れ硬化挙動は焼入性、寸法、及び冷却能によって決定される。
  - ① 焼入性評価法であるジョミニ試験方法、及びジョミニ曲線の例を図示するとともに、焼入性に影響を及ぼす鋼材因子を述べよ。
  - ② 寸法に関するもので、「臨界直径」、「理想臨界直径」を説明するとともに、それらの違いを述べよ。
  - ③ 冷却能に影響を及ぼす因子について述べよ。
- (2) 鉄鋼材料の一つに快削鋼がある。代表的な快削鋼である硫黄快削鋼、鉛快削鋼、カルシウム快削鋼について、それぞれの鋼中での介在物の存在状態、被削性の機構、及び機械的性質への影響について述べよ。
- (3) 鉄鋼材料の加工強化処理において、実用的には冷間加工後に加熱を行う。これを歪時効と呼ぶ。
  - ① 歪時効の物理的な意味を述べよ。
  - ② 時効処理温度設定に関して、注意すべき脆化現象を述べよ。
  - ③ 薄板、厚板、鋼管及び棒線での歪時効の事例と、その適用の意味について述べよ。

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) 鋼材の高強度化を阻害する因子として、①厚板、②薄板、③鋼管、及び④棒線の各材料（部品名でも可）についてそれぞれ一例を挙げ、その対応策について述べよ。
- (2) 鋼材の代表的な表面硬化熱処理である①浸炭焼入れ、②窒化、及び③高周波焼入れのそれぞれについて、適用される鋼材の例を挙げながら、それらの硬化メカニズム、及び問題点について述べよ。
- (3) 超微細粒鋼を製造する手法を3つ挙げ、その名称と具体的な方法を述べよ。

I-1-4 マグネシウム合金に関する以下の問いに答えよ。

- (1) マグネシウム合金の機械的特性の優れた点について、鉄鋼、アルミニウム合金と比較しながら述べよ。
- (2) アルミニウムと比較して、マグネシウムは一般に合金化による強度改善が図りにくい。その理由を、結晶構造、及び合金の微視的組織の観点から図を用いて述べよ。
- (3) 一般に、マグネシウム合金は高温域で強度が著しく低下する。その理由と、可能な改善法について述べよ。

I-1-5 代表的な超高強度鋼であるマルエージング鋼に関する以下の問いに答えよ。

- (1) マルエージング鋼の成分例と強度例を述べよ。
- (2) 強化メカニズムを述べよ。
- (3) 部品などでの使用時における問題点と、その製造時（鋳造、圧延、その後の加工含む。）の対応策について述べよ。

I-1-6 希少金属を含む以下の(1)~(6)に示す機能性材料のうち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①求められる基本性能、②希少金属が特性に果たす役割、及び③代替物質開発の可能性について簡潔に述べよ。

- (1) 希土類磁石
- (2) 液晶ディスプレイ電極
- (3) 燃料電池触媒
- (4) 形状記憶合金
- (5) 超耐熱合金
- (6) 構造用軽量合金

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 金属及び合金の機械的特性は、その微細構造・組織に大きく依存するため、使用目的に沿った材料設計が可能となる。以下の問いに答えよ。

(1) 次の強化法の原理を、転位論に基づいて説明せよ。

① 固溶強化 ② 析出強化 ③ 結晶粒微細化 ④ 加工強化

(2) 金属材料が示す次の現象について述べよ。

① クリープ変形 ② 低温脆性 ③ 疲労

(3) 省エネルギー型社会の実現のため、材料軽量化を目指す以下の課題から1つを選択し、材料開発プロジェクトの具体案を①現状における課題点、②望まれる特性に基づく目標設定、③組織制御に基づく問題解決法、及び④開発の優位性を明記しながら、包括的に述べよ。

[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

I-2-2 過去に超鉄鋼のナショナルプロジェクトが実施された。そこでの開発課題は①800MPa級フェライト・パーライト鋼、②1,500MPa超級高強度鋼、③超々臨界圧発電プラント用フェライト系耐熱鋼、及び④海浜海洋耐食鋼であった。

(1) ①～④についての概要を述べよ。

(2) ①～④の中の1つについて、その詳細(従来にない金属学的な新たな知見を含む。)を述べよ。

(3) これらのプロジェクトでは、材料開発のみでなく分析・解析装置の技術革新もなされた。その装置の例を1つ挙げ、装置の概要と得られた成果を述べよ。

(4) 上記の分析・解析装置の今後の活用について、考えるところを述べよ。

I-2-3 鉄鋼材料においては、鋼中の不純物が諸特性に悪影響を及ぼすことが古くから知られており、不純物低減の試みが行われてきた。以下の問いに答えよ。

- (1) 不純物元素を3つ挙げ、鋼材の特性への影響（メカニズム含む。）を述べよ。
- (2) (1) で挙げた3元素それぞれについて、その不純物元素含有量が低減できなくても、鋼材特性を確保するためになされている代替技術を述べよ。（もしもその技術がない場合は、考えを述べよ。）
- (3) 不純物を究極まで低減し高純度化した場合、特性の飛躍的な向上や新たな特性が出現する場合がある。(1) で挙げた3元素それぞれについて、高純度化による新規特性の可能性について考えるところを述べよ。

I-2-4 化石燃料に代替するクリーンエネルギーシステムを確立し、低炭素社会を実現することが、次世代へとつながる持続社会のための大きな課題である。以下の各課題項目について、その問題解決を図るための材料開発計画を立案せよ。計画には、①現状における課題点、②目標設定、③実現に要する期間（2～3年、10年以上、等）、④内容及びアプローチ、⑤独創性、及び⑥期待される付加的効果をそれぞれ明記すること。

[a] 原子力発電の安全性の向上

[b] 高性能電池の開発（燃料電池、リチウム2次電池、太陽電池等）

[c] 水素エネルギーの利用