

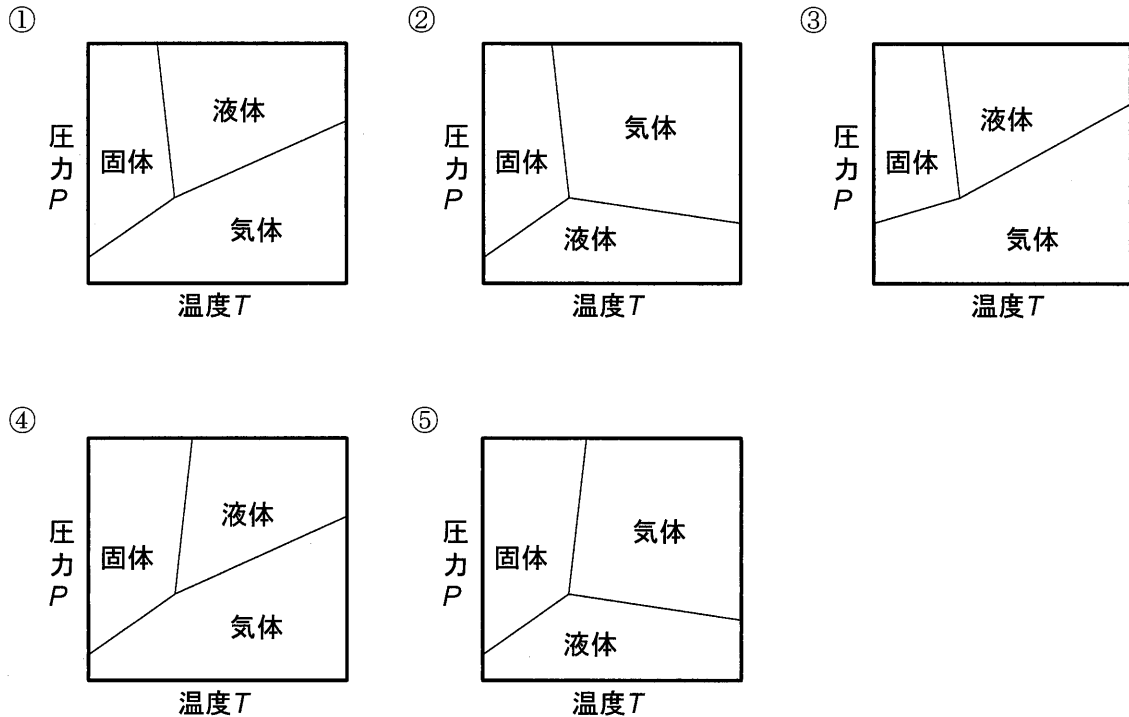
【07】 金属部門

Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ-1 金属の結晶構造に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 最近接原子間距離を  $d$  とすると、面心立方格子の格子定数は  $\sqrt{2}d$  であり、体心立方格子の場合は  $2d/\sqrt{3}$  である。  $d$  が同じならば面心立方格子の格子定数の方が大きい。
- ② 六方稠密構造は最密充填構造を有するが、その最密充填原子面の積み重ねはABABである。
- ③ 立方晶系における  $(h k l)$  面と  $[h k l]$  方向は直交する。
- ④ 面心立方格子の最密充填原子面は  $\{1 1 0\}$  であり、この面の  $\langle 1 1 1 \rangle$  方向はすべり方向である。
- ⑤ 単位胞中の原子数は、面心立方格子で4個、体心立方格子で2個である。

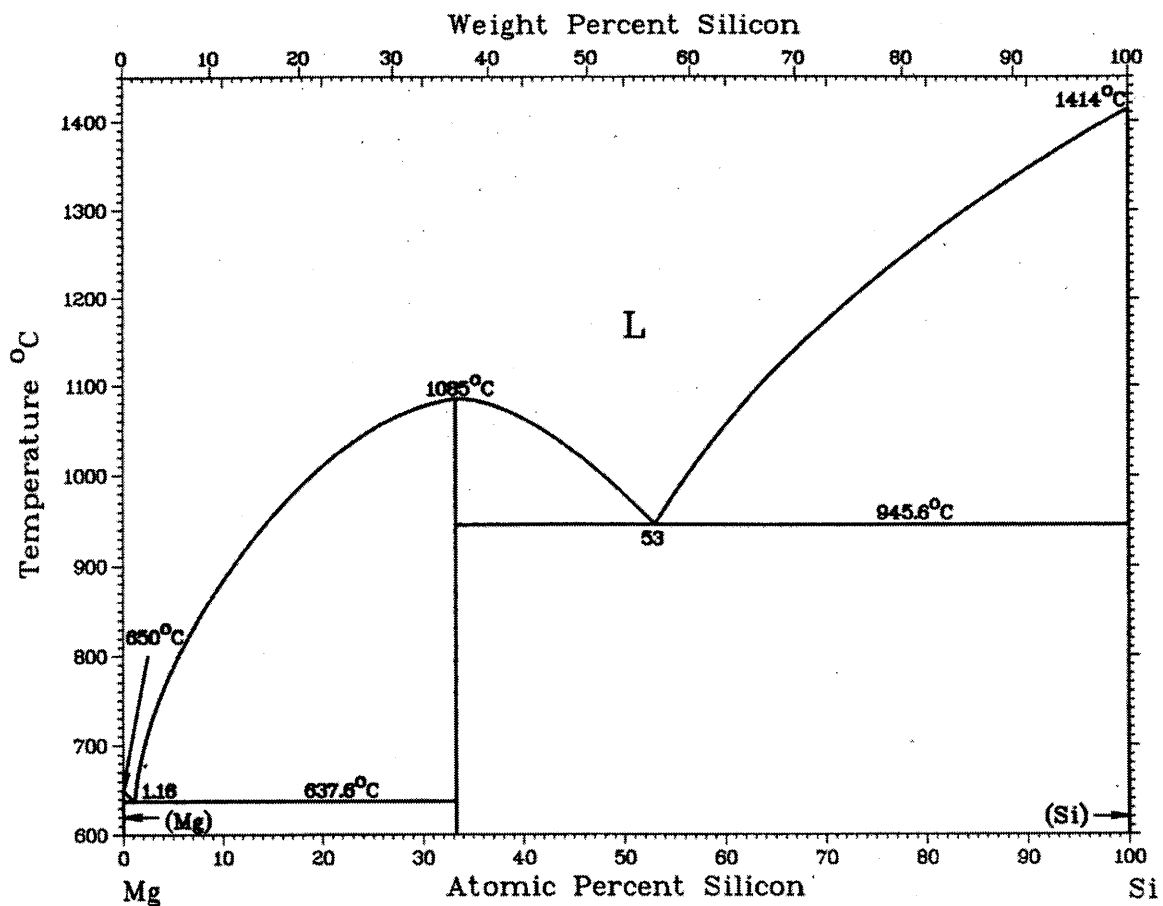
Ⅲ-2 次のうち、アルミニウムの1成分系の定性的状態図として最も適切なものはどれか。



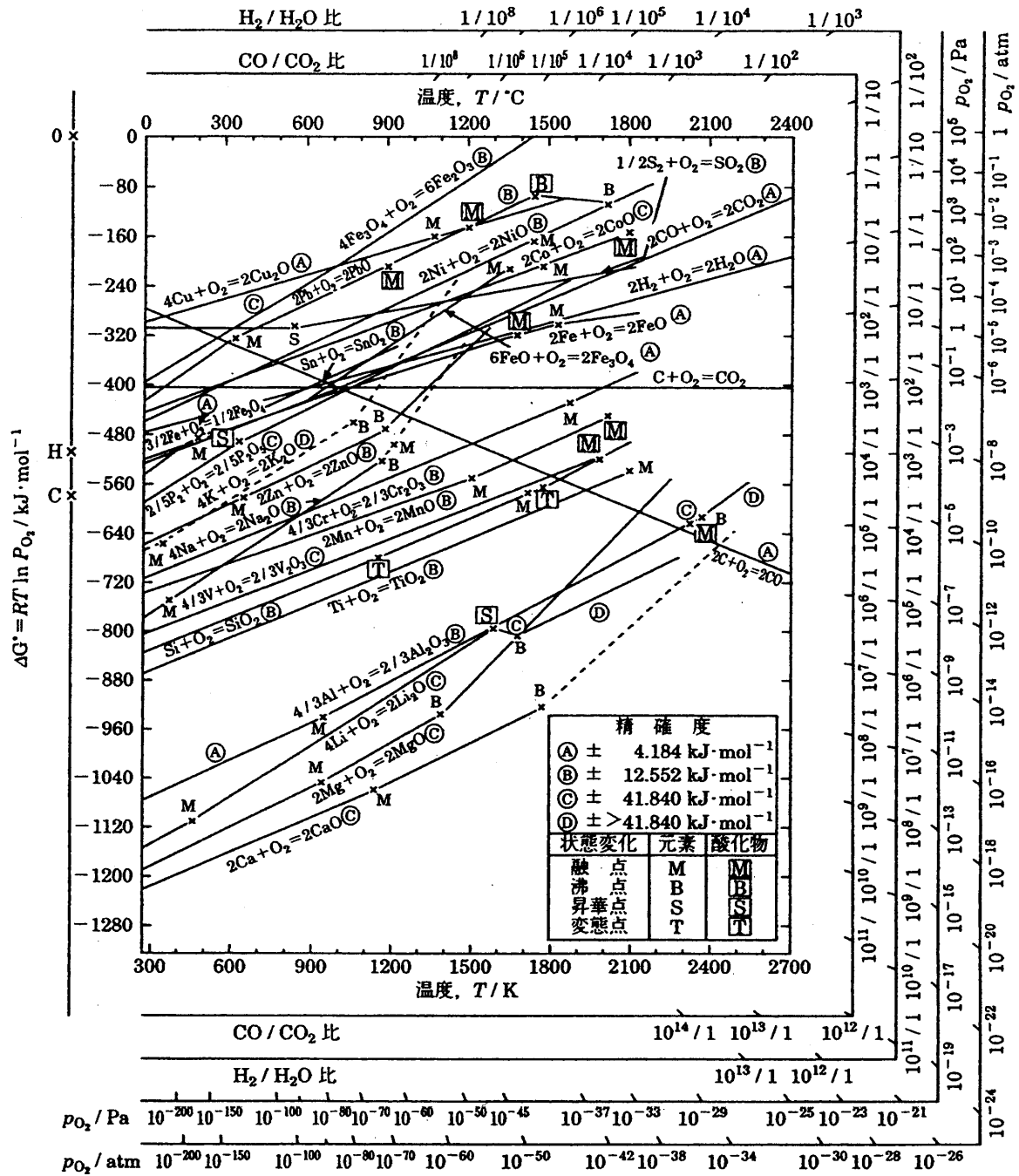
Ⅲ-3 マグネシウム (Mg) - シリコン (Si) 2元系状態図 (下図) に関する次の(1)～(3)の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- (1) Mg-Si系には $Mg_2Si$ という金属間化合物が存在する。
- (2) Mg-Si系では、固体のマグネシウム、固体のシリコン、液体の3相が平衡することはない。
- (3) 30 atomic%Mg-70 atomic%Siの合金を1273 K (1000 °C) で平衡させたとき、液体と固体シリコンがモル比でほぼ1 : 1の割合で存在した。

- ① (1) のみ
- ② (2) のみ
- ③ (3) のみ
- ④ (1) と (2)
- ⑤ (1) と (3)



III-4 下図は酸素ガス1モル当たりの酸化物の標準生成ギブズエネルギーを温度の関数として表した図(エリンガム図)である。エリンガム図に関する次頁の記述のうち、最も不適切なものはどれか。



- ① それぞれの線 ( $2m/n M + O_2 = 2/n M_m O_n$ ) より上の領域の条件では酸化物が、下の領域では金属が安定である。
- ② ニッケルの線 ( $2Ni + O_2 = 2NiO$ ) はリチウムの線 ( $4Li + O_2 = 2Li_2O$ ) より上にあるので、金属ニッケルとリチウムの混合物から、リチウムを酸化除去できることが予測される。
- ③ 各線の  $T = 0$  (K) 軸 (絶対零度軸) における切片の値から、酸化反応の標準エンタルピー変化 (生成熱) が求められる。
- ④  $H_2-H_2O$  混合ガスの酸素ポテンシャルは左縦軸上の H 点を起点とする直線群で示され、 $CO-CO_2$  混合ガスの酸素ポテンシャルは C 点を起点とする直線群で示される。
- ⑤  $CO$  の生成反応の線 ( $2C + O_2 = 2CO$ ) は、その傾きが他の線と大きく異なるがこれは反応のエントロピー変化が負であるためである。

Ⅲ－５ 高炉（溶鋳炉）製鉄プロセスに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 高炉は炉頂部から装入された鉄鉱石とコークスが、炉床部から吹き込まれた高温の空気と反応する向流型の反応装置である。
- ② 高炉の炉頂から排出されるガス（高炉ガス）は25～30 %H<sub>2</sub>を含み、回収されて製鉄所内の加熱炉や火力発電などに燃料として使用される。
- ③ 原料炭をコークス炉で乾留して製造されるコークスは、高炉中で、鉄鉱石の還元剤、反応や溶融に必要な熱源のほかに、高炉の通気性保持などの役割を果たしている。
- ④ 高炉ガスを炉外に排出する際、炉頂圧回収タービンを用いて、電力の形でエネルギー回収を行っている。
- ⑤ 高炉内は強還元雰囲気であるため、鉄とともに、ほとんどのリンは還元されて溶鉄中に混入する。

Ⅲ－６ 鉄鋼製錬における炉外精錬法に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 従来より、大量生産鋼種は、高炉、転炉、電気炉などの炉内にて製・精錬されてきた。これに対し、トープードカー、溶鉄鍋や取鍋内で、予備的精錬や仕上精錬をすることにより、高品質鋼の生産やスラグの排出量を低減せしめる、製・精錬炉－炉外精錬法が一般化している。
- ② 取鍋精錬法には、高炉－製鋼炉間で溶鉄を予備的に処理する溶鉄予備処理と、製鋼炉－連铸間で溶鋼を処理する二次精錬法がある。
- ③ 溶鉄予備処理の目的は、脱炭、脱硫、脱ケイ、同時脱リン・脱硫などである。
- ④ 二次精錬法の目的は、脱ガス（H、N）、脱硫、脱炭、脱酸、介在物の除去、介在物の形態制御、成分及び温度の調整などである。
- ⑤ 二次精錬法には、アルゴンガスを吹き込んでバブリングする方法や真空脱ガス法などがある。

Ⅲ－7 次に示す特徴に該当する金属元素として最も適切なものはどれか。

融点3400℃、密度19.3 g/cm<sup>3</sup> (20℃) で、常温では体心立方構造をとる。特殊鋼、超硬合金などの成分や、フィラメント、耐熱材料としても用いられている。鉬石から酸化物としてとり出し、水素気流中で加熱して還元することで、金属粉末が得られる。

- ① タングステン    ② クロム    ③ コバルト    ④ モリブデン    ⑤ ニオブ

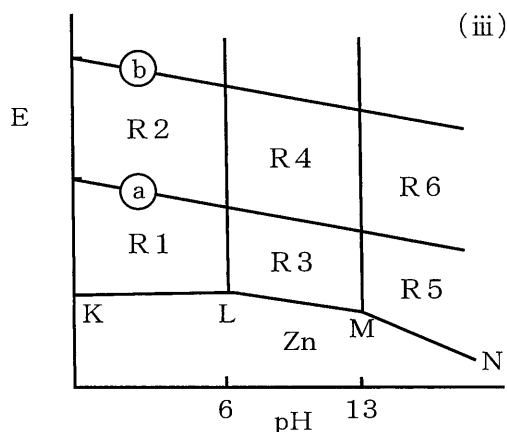
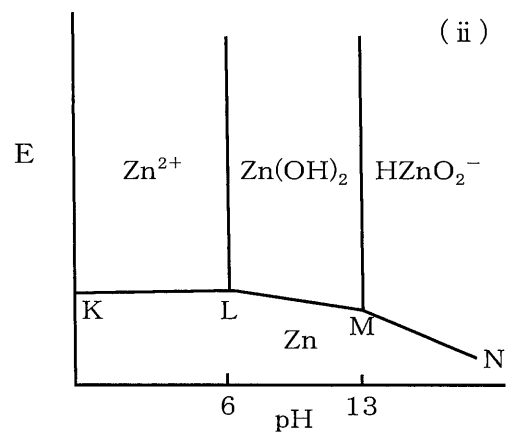
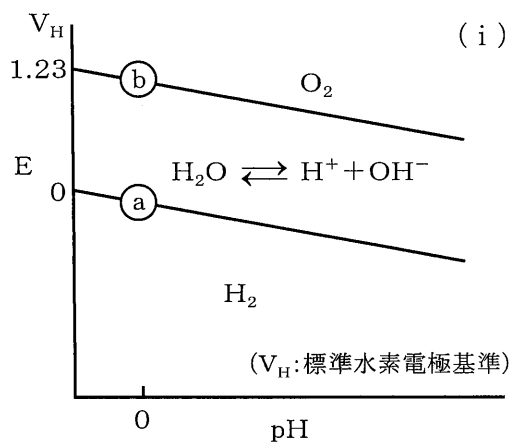
Ⅲ－8 希土類金属の製・精錬、リサイクルに関する次の(1)～(3)の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- (1) ハイブリッド自動車や高性能エアコンのモータには、ネオジム (Nd) やジスプロシウム (Dy) などの希土類金属を含む合金磁石が用いられる。これらの磁石の原料となる希土類金属は、炭素熱還元法によって製造されている。
- (2) 希土類金属は、化学的性質が類似しているものが多いため、分離・精製するのが困難である。このため一般に、希土類金属の分離や精製には、イオン交換法や溶媒抽出法が利用される。
- (3) 希土類金属やその合金のリサイクルは困難である。この主な理由は、希土類金属が化学的に極めて活性であり、不純物と反応しやすい上に、磁石として利用される場合には、他の金属や化合物と混在して使用されることが多いためである。現在、工業製品中に組み込まれた希土類合金磁石リサイクルの技術開発が進められている。

- ① (1) のみ  
② (2) のみ  
③ (1) と (2)  
④ (1) と (3)  
⑤ (2) と (3)

Ⅲ-9 水の電位-pH図を図(i), 亜鉛の電位-pH図を図(ii)に示す。さらに, 図(i)と図(ii)を合成すると図(iii)となり, 各領域をR1~R6の記号で表す。図に関する次の説明のうち, 最も不適切なものはどれか。

- ① 図(i)において, 線aより下側の領域では電極上で水素発生が起こりうる。
- ② 図(i)において, 線bより下側の領域では電極上で溶存酸素の還元が起こりうる。
- ③ 図(iii)において, R1とR2の領域では  $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$  の反応が起こりうる。
- ④ 図(iii)において, R3とR4の領域では水溶液中に溶存酸素が存在すると  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  が生成し, 亜鉛の腐食速度は小さい。
- ⑤ 図(iii)において, R5とR6の領域では  $\text{HZnO}_2^-$  が安定であり, 水溶液中に溶存酸素が存在すると亜鉛は腐食しやすい。



Ⅲ-10 次の耐食鋼の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ステンレス鋼はCrあるいはCr, Niなどを添加元素に含み、表面に生成する不動態皮膜により耐食性を保つ鋼材である。
- ② 耐海水鋼はCu, Ni, Pなどを含む低合金鋼であり、普通鋼では腐食速度の速い海水飛沫帯における耐食性が改善されている。
- ③ 耐候性鋼は大気中において風雨に曝された場合、表面に生成したさび層が外界環境を遮断し、普通鋼よりも優れた耐食性を有する低合金鋼である。
- ④ 耐酸鋼はNiを含有し、酸化性の酸に対して耐食性を有する合金鋼のことである。
- ⑤ 高ケイ素鋼はSiを添加元素に含み、表面の酸化皮膜生成を促進することで耐食性を向上させたものである。

Ⅲ-11 金属の局部腐食に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 孔食とは食孔を形成する局部腐食で、塩化物イオンの存在する環境では、ステンレス鋼などでよく起こる。
- ② すきま腐食とは、金属又は金属と他の材料との間に隙間が存在する場合、隙間の内外においてイオン、酸素などの濃淡電池が構成されて生じる腐食である。
- ③ 粒界腐食とは、金属の結晶粒界に沿った選択的腐食である。
- ④ 応力腐食割れとは、金属材料が腐食環境にさらされ、応力との相乗効果により割れる腐食現象である。
- ⑤ 脱亜鉛腐食とは、青銅から亜鉛が選択的に溶解する局部腐食である。

Ⅲ-12 次のめっきのうち、主として鋼板の防錆用としてあまり使われないものはどれか。

- ① アルミニウムめっき      ② 銅めっき      ③ ニッケルめっき
- ④ すずめっき              ⑤ 亜鉛めっき



Ⅲ-13 電池に用いられる金属材料に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ダニエル電池では、銅と亜鉛の電極電位の差が起電力になる。
- ② マンガン乾電池の負極活物質には、イオン化傾向が大きい亜鉛が用いられる。
- ③ 鉛蓄電池の負極はPbであり、正極はPbO<sub>2</sub>である。
- ④ ニッケル水素二次電池の負極には水素吸蔵合金が用いられる。
- ⑤ リチウムイオン二次電池の負極集電体には、不動態皮膜により耐食性を有するアルミニウムが用いられる。

Ⅲ-14 Fe-C系平衡状態図に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 炭素鋼の $\gamma$ 鉄固溶体（オーステナイト）は高温領域でのみ存在し、炭素を最大約2.1 mass%まで固溶する。
- ② Fe-C系平衡状態図には、Fe-Fe<sub>3</sub>C系（準安定）とFe-黒鉛系（安定）とが存在する。
- ③  $\alpha$ 鉄固溶体（フェライト）には、炭素がごくわずかししか固溶せず、最大固溶度はA<sub>1</sub>点温度の約0.02mass%である。
- ④ セメントイト（Fe<sub>3</sub>C）の結晶構造は斜方晶で、213℃に磁気変態点（A<sub>0</sub>）をもち、それ以下の温度で強磁性を示す。
- ⑤ 共析（パーライト）変態は、オーステナイトが冷却によってフェライトとセメントイトに分解する変態であり、炭素量が0～2 mass%のすべての鋼で生じる。

Ⅲ-15 単軸引張降伏応力が200 MPaの等方性の金属材料がある。この材料の降伏に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① この材料は、200 MPaの単軸圧縮応力で降伏する。
- ② この材料が板形状であるとき、板面内の互いに直交する二方向に同時に作用する200 MPaの垂直応力（等二軸引張状態）で降伏する。
- ③ この材料は、高圧容器内で200 MPaの静水圧で降伏する。
- ④ この材料が薄肉の円管形状であり、かつミーゼスの降伏条件（せん断ひずみエネルギー説）に従うとする。この材料の中心軸回りにトルクを負荷するとき、約115 MPaのせん断応力で降伏する。
- ⑤ この材料が薄肉の円管形状であり、かつトレスカの降伏条件（最大せん断応力説）に従うとする。この材料の中心軸回りにトルクを負荷するとき、100 MPaのせん断応力で降伏する。

Ⅲ-16 鋼の等温（恒温）変態に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 共析鋼をオーステナイト状態から $A_1$ 点以下の種々な温度に急冷し、その温度に保持して等温変態させる場合、等温変態温度が $A_1$ 点より低くなるに従って潜伏期が短くなり、 $550^{\circ}\text{C}$ 付近で最も短時間側に寄り、それ以下では再び長時間側に寄ってC型の曲線となる。
- ② 亜共析鋼では、まずフェライトが析出した後にパーライトが析出する温度域があり、過共析鋼では、まずセメンタイトが析出した後にパーライトが析出する温度域がある。
- ③ Ni, Si, Cuなどの非炭化物生成元素では、オーステナイトを安定にしたり、炭素の拡散を遅くする作用によって変態線図全体を長時間側に移動させる。Cr, Mo, V, Wなどの炭化物生成元素の場合はパーライト変態が著しく長時間側に移動するがベイナイト変態は少ししか長時間側に移動せず、二重S状の変態曲線を作る。
- ④ 共析鋼を $550^{\circ}\text{C}$ 以下で等温変態させるとベイナイト変態するが、 $350^{\circ}\text{C}$ 付近より高温側では羽毛状の上部ベイナイトが、低温側では針状の下部ベイナイトが生成する。
- ⑤ 共析鋼では、 $550^{\circ}\text{C}$ 以上の温度でパーライトが生成するが、パーライトのラメラ間隔は等温変態温度が低くなるほど小さくなり、硬さや強さが低下する。ラメラ間隔と過冷度は反比例する。

Ⅲ-17 鋼の連続冷却変態に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 共析鋼を連続冷却する場合、マルテンサイト変態の現れ始める冷却速度を下部臨界冷却速度という。
- ② 連続冷却変態（CCT）線図は、オーステナイト単相から種々の一定速度で冷却したときの変態挙動を知るために必要である。
- ③ マルテンサイト変態の開始温度 $M_s$ 点は冷却速度の影響を受ける。
- ④ 共析鋼を等温変態させると温度域によってはベイナイト変態がおこるが、連続冷却した場合ベイナイト変態はおこらない。
- ⑤ 連続冷却変態線図における変態開始時間は、冷却曲線を階段状の曲線で近似し、各温度での保持時間をその温度での潜伏期で割った値の合計が1になったところで変態が開始するものとして予測できる場合がある。

Ⅲ-18 鋼に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 低合金耐熱鋼やマルテンサイト系耐熱鋼は、オーステナイト状態から空冷などにより、主にフェライト-パーライト組織として使用するが、あるいは焼入れしてマルテンサイト又はベイナイト組織とした後、873 K以上の高温で焼戻して使用する。
- ② 強さと延性が必要な機械構造用炭素鋼は亜共析鋼であり、硬さや耐摩耗性が必要な炭素工具鋼は機械構造用炭素鋼よりも炭素添加量が多い。
- ③ 高張力ボルト鋼に軸力を負荷した状態で脆性破壊が突然生じることがある。これが遅れ破壊であり、鋼中の水素による脆化が原因とされている。
- ④ 球状化焼きなましは、塑性加工や切削加工を容易にするためや、靱性や疲労強度などの機械的性質を改善するために行われる。
- ⑤ マルエージング鋼は、鉄-8%ニッケル合金を基本組成としてコバルト、モリブデン、チタン、アルミニウムなどを添加したもので、炭素をほとんど含まないマルテンサイトに金属間化合物を析出させて強化したものである。

Ⅲ-19 鋼の焼入れ・焼戻しに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 鋼は一般に焼入れ温度が高いほど、また、焼入れ時のオーステナイト粒径が微細なほど焼きは入りやすい。
- ② 鋼材の大きさによって冷却速度が変化し、焼入れの効果が変化することを質量効果という。
- ③ 焼入れ炭素鋼を焼戻すと、温度上昇とともに体積の膨張が生じるが、100℃前後で収縮し、その後膨張して270～400℃の範囲において再び収縮する。
- ④ 高炭素鋼や合金鋼を対象として焼入れ後に実施されることが多いサブゼロ処理は、残留オーステナイトのマルテンサイト変態を促進し、変形などの経年変化を抑制するのに有効である。
- ⑤ Moを添加した鋼では、450～650℃において焼戻すと硬さが大きく増加することがある。これを二次硬化と呼ぶ。

Ⅲ-20 低炭素鋼の熱間加工に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 熱間鍛造において材料と工具間の摩擦を小さくすることにより、均一な圧縮変形が可能となる。
- ② 制御圧延とは、オーステナイトの熱間加工時に起こる再結晶を抑制することによって、オーステナイトを変形状態に保ち、そのまま空冷し相変態させることによって、微細なマルテンサイト組織を得る方法である。
- ③ 冷延鋼板は、一般に、熱延鋼板を素材として、冷間圧延され、さらに焼鈍することによって製造される。
- ④ 熱間圧延のような多段加工においては、熱間変形抵抗は前履歴に依存し、前段階までの蓄積ひずみ、及び、加工温度や加工ひずみ、ひずみ速度など熱間加工の力学的な条件に依存する。
- ⑤ 熱間圧延において、ロールの形状を変えたり、ロールシフトを行うことにより、板厚制御が可能となる。

Ⅲ-21 鋼の力学的性質に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 一般に、fcc構造の金属材料は延性脆性遷移を生じにくい。
- ② ホール・ペッチの関係とは、降伏応力 $\sigma$ と平均結晶粒径 $d$ が、 $\sigma = \sigma_0 + k/d$ の関係を持つことをいう。 $k$ 、 $\sigma_0$ は定数である。
- ③ フランク-リード機構において、転位が増殖するのに必要なせん断応力 $\tau$ は $\tau = Gb/\lambda$ である。ここで、 $G$ は剛性率、 $b$ はバーガース・ベクトル、 $\lambda$ を障害物間隔とする。
- ④ 加工硬化とは、変形によって転位密度を高め、転位の運動を困難にする特徴を有する。
- ⑤ 鋼の強化機構には、転位強化、固溶強化、粒子分散強化、析出強化、結晶粒微細化強化などがある。

Ⅲ-22 マグネシウム合金に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 鋳造用マグネシウム合金の成分設計の基本的な考え方は、強度と鋳造性を得るための Al, Zn, 組織を微細化するための Zr, 耐熱性を持たせるための希土類元素を添加することである。
- ② マグネシウム合金は優れた展伸性を有するため、鋳造材よりは、展伸材として用いられることが多い。
- ③ マグネシウム合金の長所の1つは、比強度である。反面、靱性は高くない。
- ④ マグネシウムの比重は鉄の約 1/4, アルミニウムの約 2/3 であり、実用金属中では最も軽く、その合金は振動減衰能に優れる。
- ⑤ ASTM AZ31合金の主成分は、Mg- 3 mass%Al- 1 mass%Znである。

Ⅲ-23 特殊鋼，非鉄金属，及び表面処理に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 高速度工具鋼とは、顕著な2次硬化特性を有する鋼で、JIS記号では、SUJで表され、一般に、高炭素組成に、Cr, W, V等が含まれている。
- ② 窒化は、鋼製品の表面に窒素化合物層を形成して硬化させる。
- ③ 窒化後、焼入れを施すのが一般的である。
- ④ 軸受鋼とは、高炭素のCr含有鋼が一般的で、転動疲労寿命、耐摩耗性が要求される。JIS記号はSKである。
- ⑤ 純チタンは、1158Kに同素変態点を有しており、それ以下の温度では体心立方晶 (bcc) 構造を、それ以上の温度では稠密六方晶 (hcp) 構造を示す。

Ⅲ-24 金属の時効に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ジュラルミンは標準組成がAl-4Cu-0.5Mg-0.5Mn (mass%) で、溶体化処理後急冷し常温で放置すると時効硬化を示す。
- ② 冷間加工によって形成された転位に溶質原子が集まってきて転位を固着すると、降伏点が上昇する。この現象をひずみ時効という。
- ③ 析出硬化型合金を比較的低い温度T1で時効硬化させたものをT1以上でかつ平衡状態図における溶解度曲線以下の温度T2に加熱すると時効はさらに促進されるのが普通であるが、ときには一時的に溶体化の状態に戻ってしまうことがある。これを復元という。
- ④ Al-Zn-Mg合金などでまず低い温度で予備時効をしておくと、より高い温度での2段目の時効によって、析出粒子が予備時効を行っていないものと比較して、より均一に析出し合金の硬さを著しく上昇させることができる。この処理を2段時効と呼ぶ。
- ⑤ Al-4 mass%Cu合金における時効析出の初期段階では、GPゾーンと呼ばれる母相に非整合な析出物が生成する。

Ⅲ-25 種々の合金元素を含む金属材料に関する次の(1)~(3)の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- (1) いったん変形された金属材料でも、加熱するだけで変形前の元の形に戻る合金を形状記憶合金と呼ぶ。形状記憶合金の代表例としてTi-Al合金があり、ニチノールと呼ばれる。
- (2) ごく小さな外部磁場によって磁化し、外部磁場を反転させるとこれに追従して磁化も速やかに反転し、保磁力が小さい材料を軟質磁性材料と呼び、その代表的なものにFe-Si合金である電磁鋼板があり、変圧器や発電機などの鉄心に用いられている。
- (3) Ti-6Al-4V合金は汎用高力チタン合金として多く使用されており、鍛造性、圧延性、成形性、溶接性、高温特性、低温特性などあらゆる面で優れた合金である。

- ① (1) と (2)
- ② (1) と (3)
- ③ (2) と (3)
- ④ (1) のみ
- ⑤ (2) のみ

Ⅲ-26 金属材料の加工熱処理に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 加工誘起によりマルテンサイト変態させ、大きな伸びが現れることを利用した鋼をTRIP鋼と呼ぶ。
- ② 金属材料を特殊な条件下で引張試験すると、くびれが起らず鉛細工のように伸びて異常に大きな延性を示すことがある。このような現象を超塑性と呼ぶ。
- ③ オーステナイト組織に熱間加工を施すと、回復状態では加工によって変形された扁平粒であるが、再結晶がおきると等軸で内部の転位密度が低い組織になる。
- ④ 熱間加工時に起こる再結晶には動的再結晶と静的再結晶の2種類がある。動的再結晶は、高温でひずみ速度が小さいときよりは、低温で歪み速度が大きいときに生じやすい。
- ⑤ ピアノ線材はパテンティングという等温変態処理によって微細パーライト組織を作り、これらを冷間引き抜き加工することにより製造される。

Ⅲ-27 鋼板の溶接に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 大入熱溶接熱影響部の靱性改善の手段としては組織の微細化のみでは限度がある。ボンド部やオーステナイト-フェライト二相域に加熱された熱影響部の靱性の低下は島状マルテンサイトと呼ばれる組織の形成が原因とされ、この組織を分解させ、脆化を緩和する必要がある。
- ② 加熱、圧延、圧延後の水冷を制御する加工熱処理技術が開発され、母材の機械的特性の向上に大きく貢献したが、溶接硬化性、水素割れ感受性、溶接熱影響部の靱性などの改善効果はほとんどない。
- ③ 溶接構造物の安全性を評価するためには、脆性き裂発生特性のみならず、き裂伝播停止特性の評価も必要である。
- ④ 大入熱溶接熱影響部、特にボンド部の脆化を抑える手段として、オーステナイト粒内におけるフェライト核生成の促進による変態組織の微細化が有用である。
- ⑤ 溶接熱影響部の最高硬さは加熱後の冷却速度と化学組成に依存する。この化学組成の影響を炭素当量として表し、鋼板の溶接性を評価する指標としている。

Ⅲ-28 降伏応力が1000 MPa, ヤング率が200 GPaの金属材料から, 断面積100 mm<sup>2</sup>, 高さ20 mmの円柱試験片を製作し, 高さ10 mmまで圧縮した。この材料は加工硬化せず, 圧縮工具と試験片の間の摩擦係数が0とみなせるとき, 圧縮荷重として正しい値は次のうちのどれか。

- ① 200 kN    ② 141 kN    ③ 100 kN    ④ 50 kN    ⑤ 20 kN

Ⅲ-29 板材の成形性に関する次の記述のうち, 最も不適切なものはどれか。

- ① 単軸引張試験片の平行部に, 一様な伸びひずみを与えたときの対数板厚ひずみ  $\epsilon_t$  に対する対数幅ひずみ  $\epsilon_w$  の比  $\epsilon_w / \epsilon_t$  を  $r$  値 (ランクフォード値, 塑性ひずみ比) と呼ぶ。 $r$  値は板材の異方性を評価する指標である。
- ② 底付き円筒容器の深絞り成形における限界絞り比は板材の深絞り性の指標となるが, 一般に  $r$  値が大きいほど限界絞り比が大きい。
- ③ 引張試験における全伸びや  $n$  値 (加工硬化指数) が大きい材料ほど, エリクセン試験で測定される張出し限界深さも大きい。
- ④ 加工硬化式が  $\sigma = c\epsilon^n$  で与えられる板材を単軸引張試験した時, 荷重変化率が0となる点 (最大荷重点) に到達するときの真ひずみ  $\epsilon$  は加工硬化指数  $n$  に等しい。(  $\sigma$  は応力,  $c$  は塑性係数)
- ⑤ 板材の破断部近傍の最大主ひずみと最小主ひずみの組合せをひずみの座標空間にプロットし, それらを滑らかにつないで描かれる線を成形限界線と呼ぶ。成形限界線はひずみ経路によって変化しないので, 普遍的な破断の判定基準となる。



Ⅲ-30 金属の機械試験に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 焼きなました炭素鋼において、延性脆性遷移温度は、結晶粒径の影響を受け、結晶粒径が小さいほど、延性脆性遷移温度は低下する。
- ② 鉄鋼材料に対し繰り返し荷重を加えると、降伏応力以下であっても破断が発生する場合がある。これを疲労と呼ぶ。ある応力以下では破断に至らない限界値のことを疲労限という。
- ③ ねずみ鋳鉄は、黒鉛が切り欠きとなるために衝撃強さは低い。
- ④ 通常クリープ試験と呼ばれる試験には、クリープ試験とクリープ破断試験とがある。クリープ試験は、一定温度及び一定荷重の下で時間とともに変化するひずみを、クリープ破断試験は、一定温度及び一定荷重の下でクリープ破断時間を測定する試験である。
- ⑤ 材料を高温で変形すると、試験条件によって様々な様式の破壊が観察され、高応力・短時間側では、粒界クリープ破壊が、低応力・長時間側では、粒内クリープ破壊が観察される。

Ⅲ-31 金属材料の鍛造加工に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 冷間鍛造工程設計における目標は、より精度の高い製品を短い工程で、金型に過大な負荷を与えずに成形することである。
- ② 冷間鍛造によって金属材料を加工すると材料の変形能を超える変形が生じた部分から破壊することがあるので、多段加工では中間焼なましが必要になる場合がある。
- ③ 金型表面が高温にさらされると金型の寿命が低下するので、熱間鍛造は被加工材の再結晶温度を超えない温度範囲で行う。
- ④ ハンマー鍛造機では、衝撃力を使い加工するので、形状が複雑な薄物部品の熱間鍛造に適している。
- ⑤ 同じ直径で同じ降伏応力のアルミ合金の円柱を、潤滑しない状態で鋼の平板工具により圧縮する。高さH1の部材1と高さH2の部材2の2つの円柱部材を準備し、圧縮を始めた直後の荷重を測定した。H1 >> H2である場合、高さH1の部材1から平板工具に作用する力は、高さH2の部材2から平板工具に作用する力より小さい。

Ⅲ－32 焼鈍した等方性金属板材の曲げ加工及び曲げ加工後の除荷に伴って発生する弾性回復（スプリングバック）に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 板の内部に発生する曲げ応力の絶対値は板の外表面と内表面で最大となる。
- ② 板材に張力を負荷しつつ曲げ加工する「引張曲げ」と、張力を負荷しないで曲げ加工する「純曲げ」を比較すると、前者の方が後者よりも曲げモーメントが小さくなりスプリングバック量も小さい。
- ③ 高張力鋼板を曲げ加工するとき、室温で加工する場合と材料を900℃まで加熱して加工する場合を比較すると、後者の方がスプリングバック量が小さくなる。
- ④ 板厚と降伏応力が同一で、縦弾性係数が異なる2種類の板材料がある。これらの板材料を同じ曲率半径まで曲げ加工した後に除荷したとき、スプリングバックによる曲げ角の変化量が大きいのは縦弾性係数が大きい板の方である。
- ⑤ スプリングバックによる曲げ角の変化量は板材の内部に発生する曲げモーメントに比例する。

Ⅲ－33 円筒容器の深絞り加工に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ダイス肩半径は板厚の5～10倍が推奨されている。
- ② パンチ肩半径は最大パンチ荷重にほとんど影響しない。
- ③ フランジ部の材料には円周方向の圧縮応力と半径方向の引張応力が同時に作用する。
- ④ 周辺加熱深絞り法は、パンチを加熱し、しわ抑えとダイスを冷却することにより、限界絞り比を向上させるための加工法である。
- ⑤ 再絞りは、1工程では成形することができない深い容器の製造に適している。

Ⅲ-34 無電解めっきの特徴に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 通電の必要がないため、処理設備や処理操作が簡易である。
- ② イオン化傾向の差により生じる置換めっきも無電解めっきの一種である。
- ③ プラスチックやセラミックスなどの非導電体上にもめっき可能である。
- ④ 無電解めっきにおいては電気をを用いないため、電気化学反応は生じない。
- ⑤ 電流分布が存在しないため、複雑な形状の基材にもめっきができる。

Ⅲ-35 真空蒸着法に比べスパッタリングによる表面処理が優れている点について、最も不適切なものはどれか。

- ① 成膜チャンバー内の圧力が高く、残存気体による反応を利用して化合物膜生成が可能である。
- ② スパッタ電力により膜成長速度が決定されるため、成膜速度を制御できる。
- ③ 真空度が高いため、密着性に優れ緻密で高密度な成膜ができる。
- ④ ターゲット面から叩き出された原子や分子が処理物に叩きつけられて堆積するので、高い密着力が得られる。
- ⑤ ターゲット材料にない結晶構造や組成が可能であるため、新機能の付与が叶えられる。