

【07】 金属部門

IV 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。)

IV-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 純金属の単位胞に属する原子数は、面心立方格子で4個、体心立方格子で2個である。
- 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重ねはABCABCである。
- ③ 立方晶系における (hkl) 面と $[hkl]$ 方向は直交する。
- ④ 立方晶系における $\{hkl\}$ 面における面間距離 d_{hkl} は a を格子定数とすると

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \text{ で表される。}$$

- ⑤ オーステナイトの最密充填原子面は $\{111\}$ であり、この面の $\langle 110 \rangle$ 方向はすべり方向である。

IV-2 静止系における非定常拡散現象を記述するフィックの第二法則を表す式として、次のうち最も適切なものはどれか。

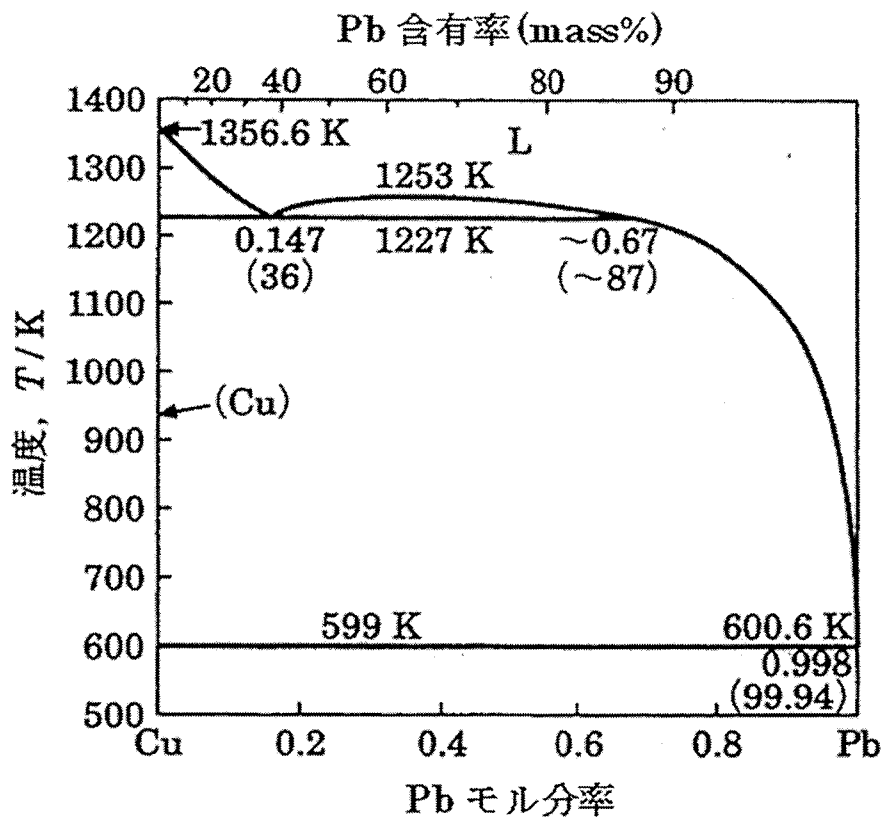
C は濃度、 t は時間、 x は距離である。 D は拡散係数で濃度によらず一定とする。

- ① $\frac{\partial^2 C}{\partial t^2} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$
- ② $\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = D \frac{\partial^2 C}{\partial t^2}$
- ③ $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$
- ④ $\frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial t^2}$
- ⑤ $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial C}{\partial x}$

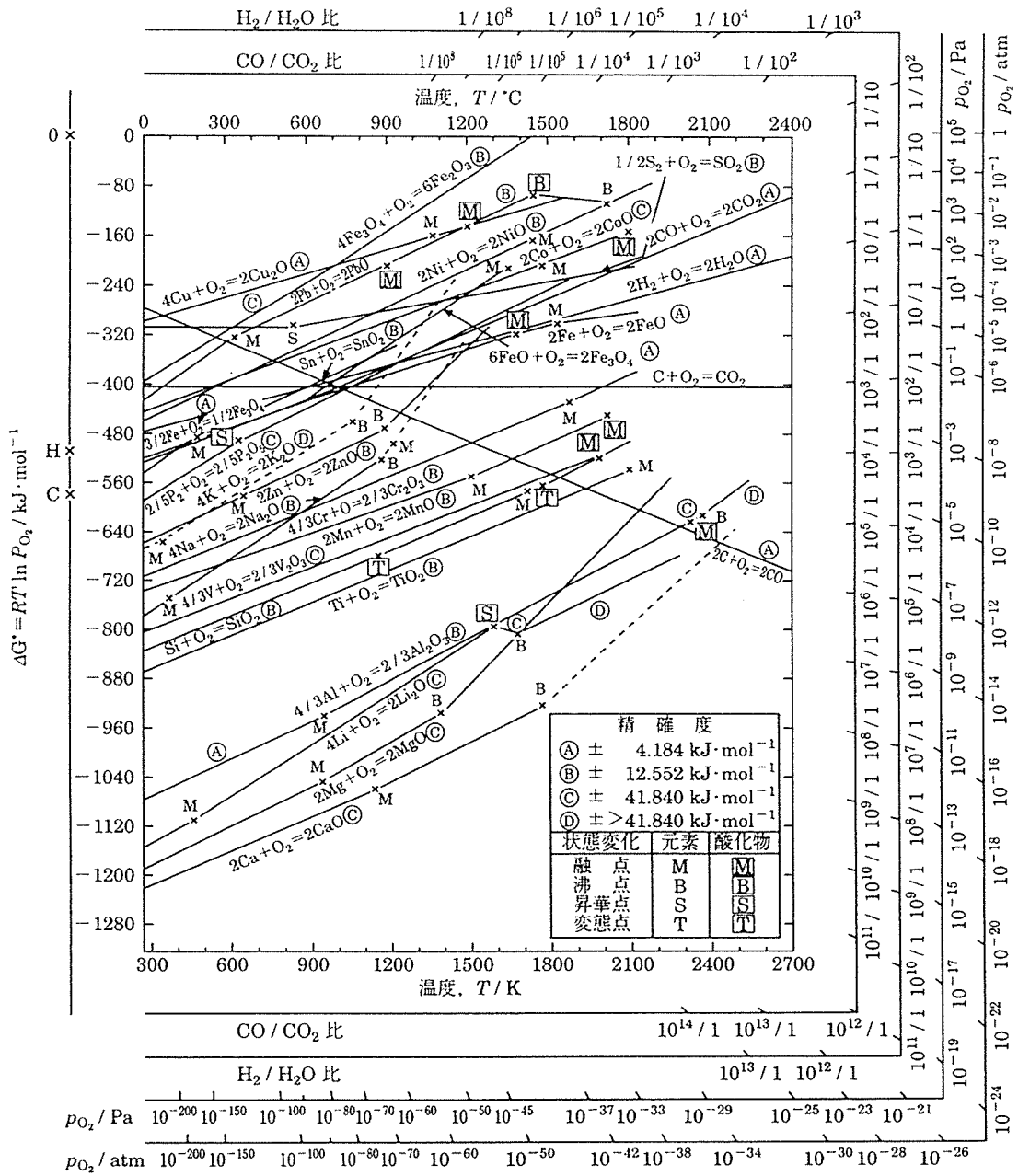
IV-3 銅 (Cu) - 鉛 (Pb) 2 元系状態図 (下図) に関する次の(1)~(3)の記述について、正しいものの組合せはどれか。

- (1) 熔融銅-鉛合金を用いて、純度99 mass%の固体銅を製造することはできない。
- (2) 1227 Kにおいて、固体銅、固体鉛、液相の3相平衡は成立しない。
- (3) 鉛含有率70 mass%の溶融合金を1100 Kで保持平衡させたとき、固体銅と溶融合金がほぼ1 : 2のモル比で存在する。

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



IV-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。次頁に示したエリンガム図に関する記述のうち、最も不適切なものはどれか。



【次頁へ続く】

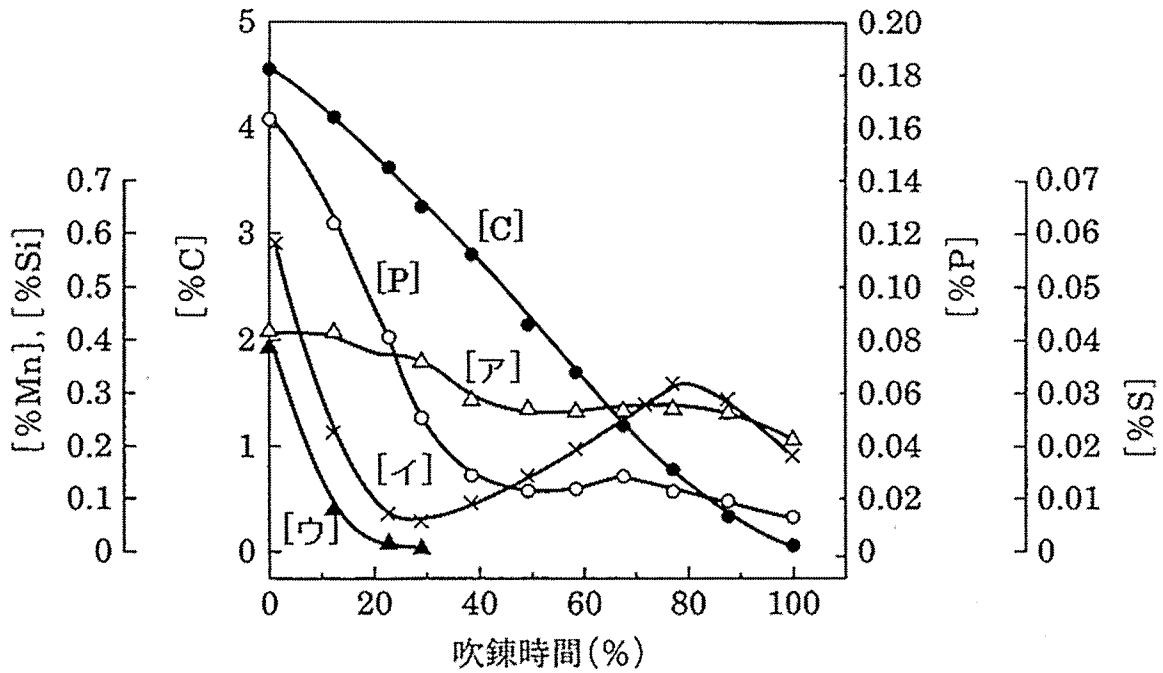
- ① それぞれの線 ($2m/n M + O_2 = 2/n M_mO_n$) より上の領域の条件では酸化物が、下の領域では金属が安定である。
- ② これらの線のほとんどはほぼ同じ傾きをもち、右上がりになっている。これは、それぞれの酸化反応 ($2m/n M + O_2 = 2/n M_mO_n$) において気体1モルが消失するため、反応のエントロピー減少量がほぼ同じであることを示している。
- ③ 各線の $T=0$ (K) 軸 (絶対零度軸) における切片の値から、酸化反応の標準エンタルピー変化 (生成熱) が求められる。
- ④ H_2-H_2O 混合ガスの酸素ポテンシャルは左縦軸上の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 銅の線 ($4Cu + O_2 = 2Cu_2O$) は鉄の線 ($2Fe + O_2 = 2FeO$) より上にあるので、スクラップなどで鉄に混入した銅は酸化精錬で容易に除去できることが予測できる。

IV-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 高炉内は強還元雰囲気であるため、鉄とともに、シリコン、硫黄、リンなどほとんどの不純物元素は還元されて溶鋳中に混入する。
- ② 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、高炉の通気性保持の役割を果たしている。
- ③ 高炉では鉄鉱石の還元剤としてコークスが用いられているが、羽口より吹き込まれている微粉炭や廃棄プラスチックにより一部が代替されている。
- ④ 高炉は炉上部から装入された鉄鉱石とコークスが、炉下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。
- ⑤ 高炉の炉頂から排出されるガス (高炉ガス) は25~30 %COを含み、回収されて熱風炉の加熱などに燃料として使用される。

IV-6 下図は、転炉精錬における溶鋼中の C, Si, P, S, Mn の経時変化を示したグラフである。図中[ア], [イ], [ウ]の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- | | ア | イ | ウ |
|---|----|----|----|
| ① | Mn | S | Si |
| ② | Mn | Si | S |
| ③ | S | Si | Mn |
| ④ | S | Mn | Si |
| ⑤ | Si | Mn | S |



IV-7 アルミニウムの製造と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) アルミニウムの製錬では、バイヤー法によりボーキサイトから得たアルミナをホール・エルー法により熔融塩電解精製し、炉底陰極上に析出した熔融アルミニウムを得る。
- (2) 我が国のアルミニウム缶は、主にアルミニウム缶材や鋳物、脱酸剤などに再生利用されている。
- (3) 再生地金アルミニウム1トンの製造に必要なエネルギーは、ボーキサイトから新たに地金を造る場合に比べて、約3分の1であるため、リサイクルによる省エネルギー効果は大きい。

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

IV-8 非鉄金属製錬に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 亜鉛の乾式製錬では、酸化亜鉛を溶鉱炉でコークスにより還元し、発生した亜鉛蒸気を熔融鉛中に溶解した後に鉛を冷却し、温度による溶解度差から亜鉛を析出させる。この方法が溶鉱炉法 (ISP) であり、結果として鉛の製錬も行われる。
- ② 銅の製錬は、マットを製造する溶錬、マットから粗銅を得る製銅、粗銅を精製する電解精製の3つの工程からなっているが、溶錬では、溶鉱炉、反射炉、自溶炉、電気炉などが用いられる。
- ③ シリコンは珪石の炭素熱還元により得られるが、鉄などの不純物は原理的に除去することが難しいため、半導体級の高純度シリコンを得るためには、シランガスなどの超高純度のシリコン化合物ガスを原料に用いる必要がある。
- ④ マグネシウム製錬は、鉱石から塩化マグネシウムを製造して、これを熔融塩電解法により金属マグネシウムを製造する方法と、鉱石をシリコンなどの還元剤を用いて直接還元する金属熱還元法などがある。
- ⑤ チタンの製錬では、酸化チタンを塩化して塩化チタンを得て、それをナトリウムにより還元して金属チタンを得るクロール法が主流である。

IV-9 鉄の電位-pH図に関する次の説明で、最も不適切なものはどれか。

- ① 図に示す電位-pH図は水環境にある金属の化学平衡を表すために用いる。
- ② 直線(c)はFeとFe₃O₄の固相共存状態を示す。
- ③ 直線(d)上に示されている“-2“の数字はFe²⁺からFeへの反応が2電子還元であることを意味する。
- ④ 酸素の還元反応が起きない酸性水溶液中では、点線(b)と直線(d)で囲まれた領域において鉄の溶解は起こりやすい。
- ⑤ Fe₂O₃又はFe₃O₄が安定な領域は不動態域と定義される。

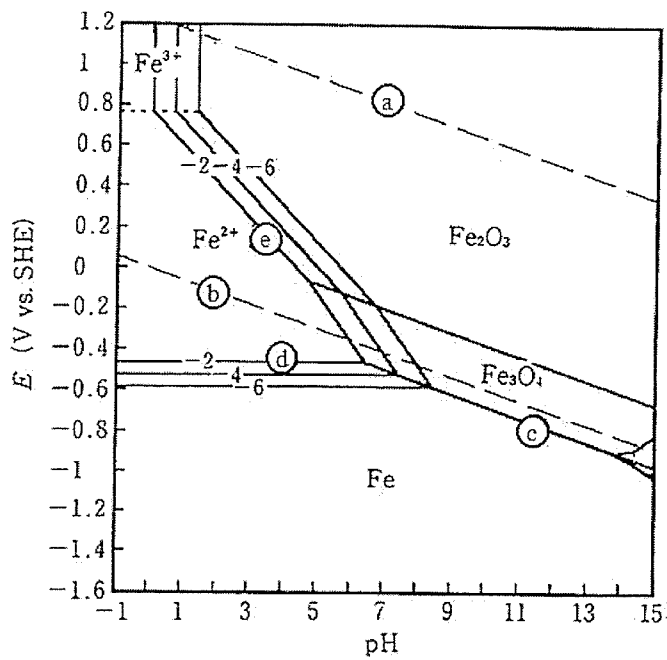


図 水溶液中における鉄の電位-pH図

IV-10 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 異種金属接触腐食とは、異なる種類の金属材料が電氣的に接触して生じる腐食現象で、電極電位の高い金属が腐食しやすい。
- ② 脱亜鉛腐食とは、真ちゅうのような銅-亜鉛合金に起こり、合金中の亜鉛が選択的に溶解する腐食現象である。
- ③ 粒界腐食とは、結晶粒界に沿った選択的腐食であり、熱処理が不適当なステンレス鋼で起こりやすい。
- ④ 孔食とは、金属表面の一部でくぼみ状の金属溶解箇所が拡大していく腐食形態である。
- ⑤ すきま腐食とは、外部との物質移動を制約された狭いすきまの内部又はごく近傍における局部腐食である。

IV-11 金属の防食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 カソード防食法とは、カソード電流を流すことで防食対象物の電位を低く保つ防食法で、孔食、すきま腐食及び応力腐食割れの防止にも有効である。
- ② 犠牲陽極法とは、マグネシウム等のイオン化傾向の大きい金属をとりつけることで、防食対象物の電位を低く保つ防食法である。
- ③ 亜鉛めっきを施した鋼板では、欠陥箇所では局部電池が形成されると、亜鉛がアノードとなり、鉄に対して犠牲陽極作用を示す。
- ④ 化学化成処理とは、化学反応を利用して金属表面に無機質皮膜を形成する防食法である。代表的な化成処理には、りん酸塩化成処理とクロメート処理がある。
- ⑤ 淡水中における鉄・鉄合金に有効な腐食抑制剤の代表例は、ベンゾトリアゾール、トリルトリアゾール、メルカプトベンゾチアゾールである。

IV-12 次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

腐食反応はアノード反応である金属の溶解反応とカソード反応である酸化剤の還元反応の組合せで進行する。その場合の分極曲線を図(a)に示す。アノード電流 i_a とカソード電流 i_c はそれぞれ電位に対して指数関数的に変化する。 i_a と i_c の絶対値が等しくなる電極電位を アと呼ぶ。さらに アでの電流の絶対値を イと呼ぶ。図(a)において太線で示された曲線が測定される電流 i であり、 i_a と i_c の合計となる。アでの i の傾きの逆数は ウと呼ばれる。図(a)における電流の絶対値を対数で示したプロットを図(b)に示す。アから大きく分極された電位域において、 i_a と i_c はそれぞれ電極電位と直線関係となる。この2本の直線を外挿すると互いに アで交わる。その交点での電流値は イに相当する。図(b)のプロットにより イを求める方法は エと呼ばれる。

	ア	イ	ウ	エ
①	腐食電位	腐食電流	腐食速度	インピーダンス法
②	腐食電位	腐食電流	腐食速度	ターフェル外挿法
③	腐食電位	腐食電流	分極抵抗	ターフェル外挿法
④	平衡電位	交換電流	分極抵抗	インピーダンス法
⑤	平衡電位	交換電流	腐食速度	ターフェル外挿法

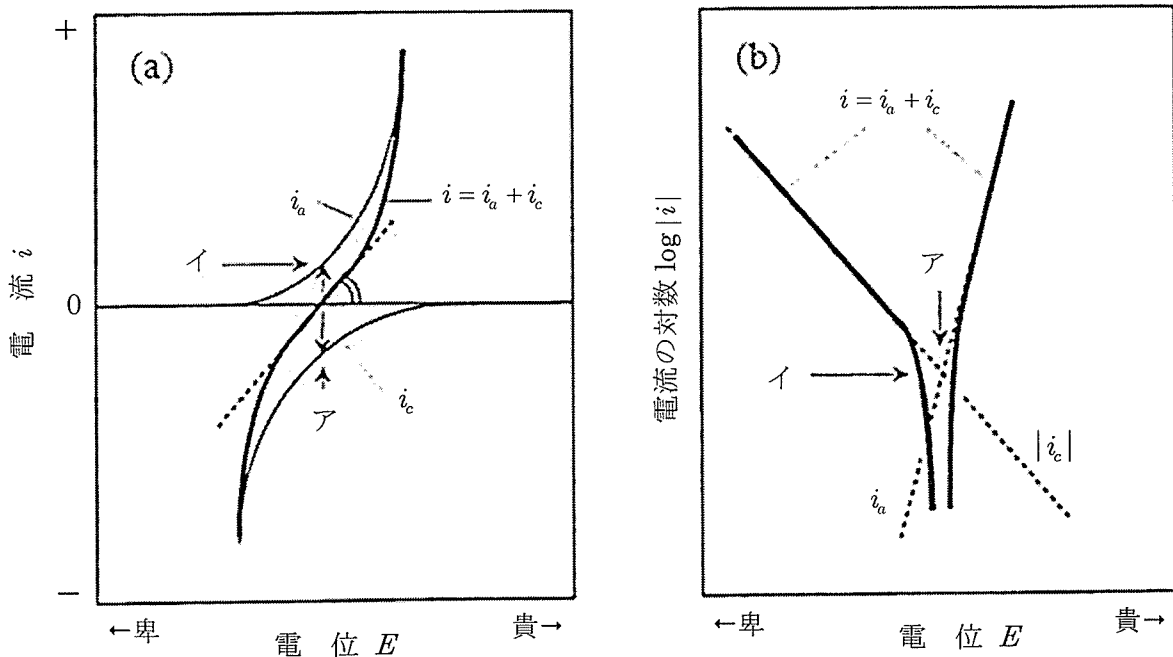


図 分極曲線の模式図

IV-13 二次電池に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 二次電池の放電では、正極でカソード反応、負極でアノード反応が起こる。
- ② ニッケル-カドミウム電池とは、正極にニッケル酸化物、負極にカドミウムを用い、電解液にアルカリ水溶液を用いる二次電池である。
- ③ ニッケル-金属水素化物電池の負極には金属水素化物を用いる。ここでの金属水素化物とは水素吸蔵合金が水素を吸蔵したものである。
- ④ リチウムイオン二次電池の代表的な正極活物質は LiCoO_2 であり、充電時には正極から Li^+ が放出される。
- ⑤ リチウムイオン二次電池の正極及び負極の集電体は、それぞれ銅箔とアルミニウム箔である。

IV-14 Fe-合金元素二元系状態図と組織に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 鉄と合金元素の二元系状態図において、MnやNiの場合はその量が増えるにつれて A_3 点が低下し、ついには室温でもオーステナイトが安定になる、 γ 域開放型の合金元素である。
- ② オーステナイトの熱膨張係数はフェライトに比べて小さい。
- ③ 純鉄は、常温では強磁性体の α 鉄であり、 911°C 以上の高温では常磁性体の γ 鉄となる。
- ④ フェライトには、炭素がごくわずかしか固溶せず、最大固溶度は約0.02 mass%であり、オーステナイトは炭素を最大約2.1 mass%まで固溶する。
- ⑤ Fe-C合金における共析変態温度である A_1 点は炭素量により変化しない。

IV-15 次の記述の、下線を付した箇所のうち、最も不適切なものはどれか。

金属材料の引張試験を始めると、まず ① 変形の初期段階では応力とひずみの間には比例関係が成り立つ。この範囲を弾性変形範囲と呼び、② かけている荷重を除けば変形はゼロに戻る。弾性変形範囲を超えてさらに荷重を増加させると、材料は塑性変形範囲に入り、もはやかけている力をゼロにしても変形はゼロには戻らず、永久変形である塑性変形が残る。さらに力を加えると、③ ある変形量（最大荷重点）で試験片にくびれが生じ、引張荷重は減少を始める。④ 最大引張荷重をくびれ発生時の試験片の断面積で割った応力が、引張強さである。十分に変形量が大きく弾性変形量が無視できる場合に、真応力（ σ ）－真ひずみ（ ε ）関係を $\sigma = F\varepsilon^n$ と表したとする。Fは塑性係数、nは加工硬化指数と呼ばれる。⑤ 加工硬化指数nは試験片にくびれが生じる点の真ひずみに等しい。

IV-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 亜共析鋼にNi, Si, Cuなどの合金元素を添加すると、等温変態（TTT）線図の形そのものは変わらず、全体が長時間側へ移動し、焼入性（硬化能）が大きくなる。
- ② 共析鋼を種々の温度で等温保持してベイナイト変態させる場合、高温側では針状の上部ベイナイトが、低温側では羽毛状の下部ベイナイトが得られる。
- ③ 共析鋼をオーステナイト単相から600℃（873K）に急冷して等温保持すると、パーライトが生成する。
- ④ 共析鋼の等温変態（TTT）線図は550℃（823K）付近で最も潜伏期が短くなるC型の曲線になり、300℃（573K）付近の比較的オーステナイトが安定で変態の遅い部分を入江（bay）という。
- ⑤ 亜共析鋼をオーステナイト単相から700℃（973K）に急冷した過冷オーステナイトを等温保持したとき、はじめにフェライトが析出する。

IV-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 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。
- ② 連続冷却変態 (CCT) 線図における変態開始時間は、等温変態 (TTT) 線図における変態開始時間から変態の潜伏期の加算則を用いて予測できる場合がある。
- ③ 共析鋼を上部臨界冷却速度と下部臨界冷却速度との間の速度で連続冷却した場合、パーライトとマルテンサイトが混在した組織になる。
- ④ 等温変態 (TTT) 線図におけるパーライト変態とベイナイト変態とが別々のC曲線で表される合金鋼では、連続冷却してもベイナイトが形成される場合がある。
- ⑤ 炭素鋼における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。

IV-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 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。
- ② 機械構造用炭素鋼 (S45C) は代表的快削鋼であり、クロム、モリブデン等が添加されている。
- ③ 溶接構造用圧延鋼 (SM490) は、溶接時に割れが発生しないよう、炭素量が調整されている。
- ④ フェライト系ステンレス鋼は、高温域から低温域まで α 相単相である鋼種と高温で部分的に γ 相が生成する鋼種がある。
- ⑤ マルテンサイト系ステンレス鋼は、フェライト系やオーステナイト系に比べて強度は高い。

IV-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の高いほど、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 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、経年変化を抑制するのに有効である。
- ③ 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。
- ④ 炭素鋼を400℃程度まで焼戻すときの主な組織変化としては、過飽和に固溶した炭素が炭化物として析出すること、体心正方晶のマルテンサイトが体心立方晶のフェライトに変化すること、などが挙げられる。
- ⑤ 残留オーステナイトを含む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。

IV-20 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 鍛造法のうち、鑄造欠陥の消失と均質化には、熱間鍛造が用いられる。
- ② 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つがある。動的再結晶は、高温でひずみ速度が小さいときよりは、低温でひずみ速度が大きいときに生じやすい。
- ③ 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、断面形状制御が可能となる。
- 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、化学成分に加え、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 冷間圧造用炭素鋼線は、一般に、炭素鋼のうちリムド鋼は脱スケール→コーティング→伸線することによって製造され、アルミキルド鋼やキルド鋼は、脱スケール→コーティング→伸線→焼なまし→脱スケール→コーティング→伸線により製造される。

IV-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 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。
- ② 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。
- 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 τ 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、 λ を障害物間隔とする。
- ④ ホール・ペッチの関係とは、降伏応力 σ 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 、 σ_0 は定数である。
- ⑤ 一般に、fcc構造の金属材料は延性脆性遷移を生じにくい。

IV-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 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。
- ② ASTM AZ31合金の主成分は、Mg-3 mass%Al-1 mass%Znである。
- ③ マグネシウム合金の長所の一つは、比強度であり、反面、靱性は高くない。
- ④ 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。
- ⑤ 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。

IV-23 特殊鋼、非鉄金属材料、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 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SKHである。
- ② 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、Mo、W、V等が含まれている。
- ③ チタン合金は、常温での構成相の結晶構造により、 α 型、 $\alpha + \beta$ 型、 β 型に分類されるが、Ti-6Al-4V合金は、代表的 β 型合金である。
- ④ 窒化では、鋼製品の表面に窒素化合物層を形成して硬化させる。
- ⑤ 窒化後、焼入れを施すのが一般的である。

IV-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 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。
- 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 過度に時効をすれば粒子は粗大化して軟化する。これを過時効という。
- ④ 時効とは、材料を室温あるいは特定の温度に保持する間に性質が変化することをいい、時効により硬さが向上することを時効硬化という。
- ⑤ ジュラルミンは標準組成がAl-4 Cu-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。

IV-25 ステンレス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 18-8 ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼の代表的なもので非磁性であるが、常温あるいは少し高い温度で塑性加工すると一部がマルテンサイト変態して硬化するとともに磁性を示すようになる。
- ② 高Crステンレス鋼では700℃ (973 K) 付近で加熱することにより σ 相が析出して硬化する。脆化が著しいので σ 脆性と呼ばれる。
- ③ ステンレス鋼では、オーステナイト系で低温脆性が生ずる。
- ④ 鉄にCrを添加していくと、Cr量の増加とともに耐食性は改善されていく。Crを約11 mass%以上含む鋼をステンレス鋼と呼ぶ。
- ⑤ 約17%Cr以上のCr系ステンレス鋼は、475℃ (748 K) 付近で長時間加熱すると著しく脆化する。

IV-26 鉄鋼の加工や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 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、これらを冷間引抜き加工することにより製造される。
- ③ オースフォームとは、鋼をオーステナイト化し、オーステナイトの準安定領域で加工した後、焼入れてマルテンサイト組織を得る処理のことである。
- ④ 低合金高張力鋼にはNb, V, Tiなどの元素が添加されているが、これは加工後のオーステナイトの再結晶を促進することを利用して加工熱処理後の結晶粒を微細化することを目的としている。
- ⑤ 耐熱鋼では高温において高い強度や耐食性が必要とされ、高温での強度としてクリープ強さが重要となる。クリープ試験では材料に一定の荷重を加えたときの時間に伴う伸びや破断までの時間を評価するが、クリープ寿命を長くするには固溶強化や粒子分散強化により高温強度を高めることが有効である。

IV-27 鑄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 黒鉛系鑄鉄鑄物は黒鉛の作用により、振動減衰能が低い特徴がある。
- ② 球状黒鉛鑄鉄は、鑄鉄の溶湯にマグネシウム、セリウム、あるいはカルシウムといった黒鉛球状化能を持つ元素を微量添加することで得られる。
- ③ 白鑄鉄鑄物は、Crなどの炭化物形成元素を添加した鑄鉄であり、耐摩耗性に優れている。
- ④ 鑄型内ではまず型に接した部分が凝固してチル晶が形成され、ついで凝固が中心部まで進行する。
- ⑤ 押湯は、鑄物の凝固収縮に見合う溶湯を補給することを目的としている。

IV-28 金属材料の硬さ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 ビッカース硬さ (HV) は、一般に対面角136度の正四角すいのダイヤモンド圧子を試料 (試験片) の表面に押し込み、その試験力 (N) の0.102倍を、試験力の解除後に表面に残ったくぼみの表面積 (mm^2) で割った値である。
- ② ロックウェル硬さ (Cスケール, HRC) は、円すい角120度、先端の曲率半径0.2 mmの円すい形ダイヤモンド圧子を試料の表面に押し込み、その試験力 (N) の0.102倍を、試験力の解除後に表面に残ったくぼみの表面積 (mm^2) で割った値である。
- ③ ショア硬さ (HS) は、ダイヤモンドのハンマーを一定の高さから落下させ、その跳ね上がり高さに比例する値として求める。
- ④ ブリネル硬さ (HBW) は、超硬合金球の圧子を試料の表面に押し込み、その試験力 (N) の0.102倍を、試験力の解除後に表面に残ったくぼみの表面積 (mm^2) で割った値である。
- ⑤ ヌープ硬さ (HK) は、対稜角が172.5度と130度で底面が菱形の四角すいダイヤモンド圧子を試料の表面に押し込み、その試験力 (N) の0.102倍を、試験力の解除後に表面に残ったくぼみの投影面積 (mm^2) で割った値である。

IV-29 板材の成形性や成形性試験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 深絞り試験では、破断することなく絞ることが出来る最大の素板の径と深さの比から、限界絞り比LDRを求める。
- ② 穴あき素板を円すい工具で成形し、穴縁に破断が生じた時の穴径と初期穴径との比から穴広げ率を求める試験法を、穴広げ試験と言う。
- ③ 板材の引張り試験によって求められる r 値 (ランクフォード値、塑性ひずみ比) が大きいほど、深絞り性が良い。
- ④ 成形中に板材の面内に発生するひずみの比率が一定の変形経路において、破断に至った点を結んだものが、板材の成形限界を表す破断限界線 (Forming Limit Curve) である。
- ⑤ スクライドサークルテストは成形時のひずみを調べる試験法で、素板に円形の模様を描いておき、成形後の円の変形からひずみ量を求める。

IV-30 金属の破壊に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① シャルピー試験法はV又はUノッチを有した試験片を用い、ノッチの反対側から衝撃荷重を与え、破断させるのに要した吸収エネルギーで評価する。
- ② 吸収エネルギーが急激に低下したり、破面の外観が延性から脆性に変化するなどの現象に対する温度を遷移温度といい、延性破面率50%となる温度を破面遷移温度という。
- ③ 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。
- ④ 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。
- 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。

IV-31 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 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 H_1 の部材1と高さ H_2 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。そのとき、 $H_1 \gg H_2$ である場合、高さ H_1 の部材1から平板工具に作用する力は、高さ H_2 の部材2から平板工具に作用する力より小さい。
- ② ハンマー鍛造は、形状が複雑な薄物部品の熱間鍛造に適している。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。

IV-32 粉末冶金に関する次の記述の、下線を付した箇所のうち、最も不適切なものはどれか。

粉末冶金は、粉末からの固化成形によって ① 最終製品に近い複雑な形状に成形する方法 で、② 溶製材からの製造が困難なタングステン等の高融点金属の成形に利用される。他には、金属と非金属の組み合わせである超硬合金、サーメット、硬質フェライト永久磁石、③ 希土類系永久磁石の製造に広く利用されている。各種金属粉末の製造方法としては、④ 機械的粉砕法，噴霧法（アトマイズ法），還元法，電気分解法が利用されている。固化成形法としては、⑤ 研削加工，鍛造，冷間等方圧成形（CIP），熱間等方圧成形（HIP），射出成形，鋳込み成形，熱間押し出しがある。

IV-33 塑性加工における不良現象や製品品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 張出し加工では、半径方向と円周方向とに引張られながら変形が進むので、加工中に板厚は減少する。
- ② 深絞り加工での素板は円周方向の圧縮力による縮み変形を受けるため、フランジしわが発生する。
- ③ せん断力が小さくて切り口が良好な製品を得るためには、せん断加工におけるクリアランスは小さければ小さいほど良い。
- ④ 深絞り加工の際にポンチに作用する力が過大である条件で成形すると、ポンチ肩部で材料が破断することがある。
- ⑤ 引抜き加工では、素材とダイスとの摩擦や摩耗を減らし、ダイスの焼き付きや製品の表面品質を向上させるためには、ダイスと素材の間での潤滑が重要である。

IV-34 めっきに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 硫酸銅めっき浴には様々な添加剤が含まれる。例えば、硫黄系有機化合物の添加により、鏡面光沢をもつ銅めっきが行える。
- ② 工業的に実用されている無電解銅めっきでは、ホルムアルデヒドが還元剤として使用され、銅イオンの還元により基板上に銅が析出する。
- ③ 卑な金属であるアルミニウムのめっきは、水に比較して安定な電位窓が広いイオン性液体を用いて行うことが可能である。
- ④ 鉄鋼材料に施す亜鉛めっきは、光沢を空气中で失うことがなく、さらにビッカース硬度が大きく耐摩耗性に優れている。
- ⑤ スズめっきははんだめっきとして電子工業用に用いられる。酸性浴でのスズめっきは2価のスズイオンから析出させる。

IV-35 表面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 PVDとは、溶融あるいは溶融に近い状態にした粉末状あるいは線状の材料を高速度で基板に衝突させ、厚膜のコーティングを行う表面処理技術である。
- ② CVDとは、コーティングしたい材料の構成元素を含む単体又は化合物の原料ガスを基板上に供給し、気相あるいは基板表面での化学反応により膜を作製する技術である。
- ③ 金属をアノードとして適当な電解液中で電解を行うと、金属が酸化され、金属表面に酸化皮膜が生成する。この処理をアノード酸化と呼ぶ。アノード酸化皮膜が持つ干渉色の特性を意匠性に生かしたものがカラーステンレス、カラーチタンである。
- ④ 電解研磨とは、適当な電解液中で金属をアノード溶解させる表面処理で、アルミニウム、ステンレス鋼、銅合金などの光沢鏡面を得る方法である。
- ⑤ 電着塗装とは、電着塗料を分散・懸濁させた電解液を用いて電気化学的に塗膜を金属表面に析出させた後に、乾燥及び焼付けを行う塗装法である。複雑な形状の表面に対して均一な膜厚の塗装が行える特長がある。